

**Zum Problem  
der Altersbestimmung am Femur**

von

**Peter Schech**

aus

**Nürnberg**

1969

1970 № 94



Aus dem Institut für gerichtliche Medizin und Kriminalistik  
der Universität Erlangen-Nürnberg  
Direktor: Prof. Dr. Dr. E. Weinig

---

# **Zum Problem der Altersbestimmung am Femur**

Inaugural - Dissertation  
zur Erlangung der Doktorwürde  
der Hohen Medizinischen Fakultät  
der Friedrich-Alexander-Universität  
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt

von

**Peter Schech**

aus

**Nürnberg**

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät  
der Universität Erlangen-Nürnberg

---



Dekan: Prof. Dr. Valentin  
Referent: Prof. Dr. Dr. Weinig

Tag der mündlichen Prüfung: 19.12.1969

Meinen lieben Eltern gewidmet

Herrn Prof. Dr. Dr. E. Weinig möchte ich an dieser Stelle für die Überlassung des Themas und die Übernahme des Referates ergebenst danken.

Ebenso danke ich Herrn Dr. Reinhardt für die Anleitung und Unterstützung bei der Gestaltung der Arbeit.

## INHALTSVERZEICHNIS

|                                                                                      | Seite |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| I. EINLEITUNG                                                                        | 5     |
| II. ANATOMIE DES FEMUR                                                               | 6     |
| III. ALTERSABHÄNGIGKEIT DER FORM UND STRUKTUR<br>DES FEMUR                           | 9     |
| A) <u>Die meßbaren Parameter</u>                                                     | 9     |
| 1. a) Femurlänge                                                                     | 9     |
| b) Messungen spezieller anatomischer<br>Abschnitte                                   | 12    |
| 2. Femurdurchmesser                                                                  | 14    |
| 3. Porosität                                                                         | 15    |
| 4. Rindendicke                                                                       | 16    |
| 5. Dichte                                                                            | 18    |
| 6. Bleigehalt                                                                        | 20    |
| 7. Torsionswinkel                                                                    | 23    |
| 8. Collum-Diaphysenwinkel                                                            | 24    |
| 9. Geschlechtsunterschiede                                                           | 28    |
| B) <u>Altersabhängige makroskopische Form-<br/>        und Strukturveränderungen</u> | 31    |
| 1. Allgemeine anatomische Veränderungen                                              | 31    |
| a) Allgemeinveränderungen                                                            | 31    |
| b) Hüftkopf des Greises                                                              | 34    |
| c) Fossa hypotrochanterica                                                           | 35    |
| d) Eminentia                                                                         | 37    |
| e) Fossa of Allen                                                                    | 37    |
| f) Calcar femorale                                                                   | 38    |
| g) Adductor tuberculum                                                               | 39    |

|                                                                            | Seite |
|----------------------------------------------------------------------------|-------|
| 2. Entwicklung der Knochenkerne                                            | 40    |
| a) normal                                                                  | 40    |
| b) pathologisch                                                            | 43    |
| 3. Epiphysenvereinigung                                                    | 43    |
| a) normal                                                                  | 43    |
| b) pathologisch                                                            | 48    |
| c) Sägespalt                                                               | 48    |
| 4. Veränderungen am Knochenmark                                            | 50    |
| a) Entwicklung der Markhöhle                                               | 50    |
| b) Umwandlung des Markes                                                   | 53    |
| C) <u>Altersabhängige mikroskopische Struktur-</u><br><u>veränderungen</u> | 55    |
| IV. DISKUSSION                                                             | 59    |
| V. SCHLUSSBETRACHTUNG                                                      | 69    |
| VI. ZUSAMMENFASSUNG                                                        | 75    |
| VII. LITERATURVERZEICHNIS                                                  | 76    |

## I. EINLEITUNG

Bei Auffindung von Skeletten und Skeletteilen sind die Liegezeit der Knochen, meist auch Geschlecht, Größe und Lebensalter des Individuums bei Todeseintritt zu bestimmen. Verknöcherungen von Knorpel und Bindegewebe, Fusion von Knochenteilen, der Zahnstatus sowie Abnützungerscheinungen können Anhaltspunkte für die Bestimmung des Lebensalters geben. Unter den langen Röhrenknochen eignet sich der Humerus gut für eine Altersbestimmung (HANSEN 1953/54). Zur Altersbestimmung kann auch das Schenkelbein (Femur) dienen, "dabei lassen sich jedoch starre Regeln und Tabellen nicht aufstellen" (HOLZER 1967).

Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit der Frage, welchen Veränderungen der Femur im Laufe des Lebens unterworfen ist. Sie stützt sich auf Arbeiten, die vom Jahr 1786 bis zum Jahr 1969 <sup>1)</sup> erschienen sind und in denen auf die Altersabhängigkeit osteologischer Befunde am Femur eingegangen wurde. Zur Verwertbarkeit der vorliegenden Untersuchungsergebnisse für die praktische gerichtsärztliche Tätigkeit wird in der Diskussion Stellung genommen.

---

<sup>1)</sup> Die in der 2. Hälfte des 18. Jahrhunderts von BLUMENBACH (1786) und HILDEBRANDT (1798) veröffentlichten Arbeiten sind ohne großen Aussagewert.

## II. ANATOMIE DES FEMUR

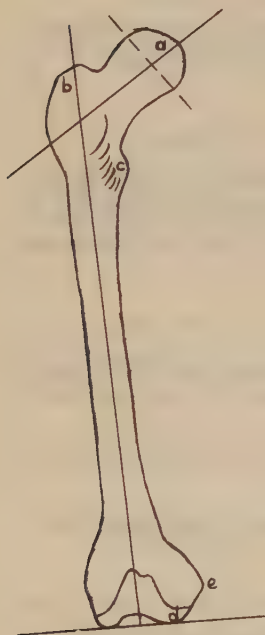
Der Femur besteht aus einem Mittelstück (Schaft) und den Endstücken mit den Gelenkkörpern für das Hüft- und Kniegelenk. Das proximale Endstück setzt sich aus dem kugeligen Schenkelkopf (Caput femoris) und dem Hals (Collum femoris) zusammen. Der Kopf trägt in der Mitte der Gelenkfläche eine rundliche Vertiefung (Fovea capitis) für den Ansatz eines Bandes (Ligamentum capitis femoris). Der Winkel zwischen Schaft und Hals wird als Collum-Diaphysenwinkel bezeichnet. Das proximale Ende des Schaftes bildet eine Muskelapophyse (Trochanter major). Die mediale Fläche des Trochanter major (Fossa trochanterica) ist grubenförmig vertieft. An der Grenze von Hals und Schaft liegt dorso-medial eine zweite kleinere Muskelapophyse (Trochanter minor). Beide Trochanteren sind vorn durch eine Linea, hinten durch eine Crista intertrochanterica miteinander verbunden. Der Schaft des Femur weist eine leichte, mit ihrer Konvexität nach vorn gerichtete Krümmung auf. Eine kräftige Verstärkungsleiste (Crista femoris) verläuft an der Rückseite des Schaftes. Das distale Ende des Femur verbreitert und verdickt sich zu den beiden Gelenkknorren, dem Condylus medialis und lateralis. Hinten sind die Condylen durch eine Grube (Fossa intercondyloidea) voneinander getrennt. Sie wird durch eine Querleiste (Linea intercondyloidea) gegen eine proximal gelegene ebene Fläche (Planum popliteum) abgegrenzt, die seitlich von den beiden distal auseinanderweichenden Lippen der Crista femoris umschlossen wird.

Die Knorpelleisten, die die beiden Epiphysen mit der Diaphyse verbinden, beginnen ab dem 15. Lebensjahr zu verknöchern, die Fusion der beiden Endteile mit dem Schaft ist mit rund 20 Jahren abgeschlossen.

Schema 1 und 2 sollen die bei der makroskopischen Beschreibung des Schenkelbeines meist verwendete Nomenklatur verdeutlichen.

Schema 1:

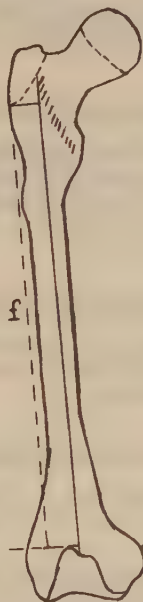
Femur, von vorne gesehen



- a) Caput femoris
- b) Trochanter major
- c) Trochanter minor

Schema 2:

Femur, von vorne gesehen,  
mit Markierung der Dia-  
physenlänge



- d) Condylus medialis
- e) Epicondylus medialis
- f) Diaphysenlänge

Weitere für die osteologische Beschreibung wichtige Bezeichnungen sind:

g) Caput-Condylenlänge (größte Länge des Femur):

Abstand des höchsten Punktes des Caput vom tiefsten Punkt des Condylus medialis (lateralis).

h) Größte Trochanterenlänge

Abstand des höchsten Punktes des Oberrandes des Trochanter major vom tiefsten Punkt des Condylus medialis.

i) Diaphysenlänge des Femur

Abstand der unteren scharfen Kante des Trochanter major an der lateralen Seite des Knochens von dem höchsten Punkt der Condylengelenkfläche auf der Vorderseite, auf die Längsachse des Knochens projiziert.

k) Umfang der Diaphysenmitte

Messung in der Mitte der Diaphyse oder bei stark vorgewölbter Crista femoris rund 10 mm oberhalb der Mitte.

l) Epicondylenbreite

Abstand der beiden am stärksten vorspringenden Punkte der Epicondylen.

m) Fossa-hypotrochanterica

Vertiefung im superioren, posterior-externen Teil der Femur-Diaphyse.

n) Eminentia

Kompakter Vorsprung, der am Kopf unbedeckt aus

dem Reticulum von der Linea intertrochanterica aus hervorragt.

o) Fossa of Allen

Depression an der vorderen Oberfläche des Halses, am medialen Ende der Eminentia, an der Verbindungsstelle zwischen Hals und Kopf.

p) Calcar femorale

Flächenhafte Verdickung der Kompakta im Bereich der unteren Wand des Halsschaftwinkels.

q) Adductor tuberculum

Tiefster Ansatzpunkt der Sehne des Musculus adductor magnus, an dem frühestens mit 24 Jahren ein Tuberculum sichtbar wird.

### III. ALTERSABHÄNGIGKEIT DER FORM UND STRUKTUR DES FEMUR

#### A) Die meßbaren Parameter

##### 1. a) Femurlänge (Gesamtlänge)

Den ersten grundlegenden Versuch, eine Gesetzmäßigkeit im Wachstum des Femur zu finden und damit eine Möglichkeit zu schaffen, den Femur für eine Identifizierung zu verwenden, unternahm TOLDT (1882). Er stellte eine Tabelle auf, in der er die Länge des Femur - unterteilt in Diaphyse, proximale und distale Epiphyse - in Abhängigkeit vom Alter untersuchte.

Seine Messungen begannen bei einem 6 Monate alten männlichen Embryo und setzten sich über 9 Zwischenmessungen bis zu dem Femur eines 24 Jahre alten Mannes fort. Sie zeigen ein konstantes Ansteigen der Meßwerte über die gesamte Entwicklungszeit.

Tabelle 1: Zusammenhang zwischen Lebensalter und Femurlänge (nach TOLDT) in mm

| Alter                                            | Diaphyse | Epiphyse |        | Gesamtlänge |
|--------------------------------------------------|----------|----------|--------|-------------|
|                                                  |          | proximal | distal |             |
| männl. Embryo Ende des<br>6. Monats, Länge 30 cm | 40       | 10       | 6      | 56          |
| neugeborener Knabe<br>Reif., Länge 48,8 cm       | 73       | 10       | 7      | 90          |
| neugeborener Knabe<br>Länge 52 cm                | 75       | 12       | 12     | 99          |
| Mädchen 1 1/2 Jahre<br>Länge 74 cm               | 125      | 12       | 14     | 151         |
| Mädchen 2 1/2 Jahre<br>Länge 83 cm               | 151      | 13       | 15     | 179         |
| Mädchen 4 Jahre<br>Länge 96 cm                   | 182      | 16       | 15     | 213         |
| Knabe 6 1/2 Jahre<br>Länge 106 cm                | 222      | 16       | 18     | 256         |
| Knabe 12 Jahre<br>Länge 137,8 cm                 | 345      | 17       | 21     | 383         |
| Knabe 15 Jahre<br>Länge 152 cm                   | 383      | 18       | 21     | 422         |
| Mann 24 Jahre<br>Länge 163 cm                    | -        | -        | -      | 417         |
| Mann 24 Jahre<br>Länge 174 cm                    | -        | -        | -      | 477         |

Wie TOLDT versuchte KORNFELD (1884) eine Abhängigkeit der Länge des Femur vom Alter zu finden. Er maß die Länge vom Scheitel des Trochanter major bis zum Condylus medialis und fand als Werte bei einem dreijährigen Individuum 19,0 cm, bei einem 16 1/2-jährigen 24,8 cm, bei einem 15 1/2-jährigen 37,2 cm und bei einem erwachsenen Mann 43,0 cm.

PITZEN und LANGE (1921) untersuchten 16 Probanden im Alter von 4 1/2 bis 22 1/2 Jahren und fanden bei einem 4 1/2-jährigen Kind eine Femurlänge von 239,0 mm, bei einem 13 3/4 Jahre alten Menschen eine Länge von 354 mm. Von der Altersgruppe zwischen 15 und 22 1/2 Jahren gewannen sie 14 Ergebnisse, aus denen sich starke individuelle Schwankungen ergaben, zum Beispiel eine Femurlänge eines 15 1/2-jährigen von 414 mm und eines 20-jährigen von 411 mm.

ANDERSON und GREEN (1948) untersuchten ein Kollektiv von Mädchen und Jungen im Alter zwischen 5 und 18 Jahren und stellten die Beziehung der Länge des Femur zum Alter mit Mittelwerten, durchschnittlichen Abweichungen vom Mittelwert und Extremwerten dar. Es ergab sich ein stetes Ansteigen der Kurve bei beiden Gruppen bis zum 13. Lebensjahr, das bei den Knaben bis zum 16. Lebensjahr anhielt, während bei den Mädchen die Längenentwicklung des Femur mit rund 14 Jahren abgeschlossen war.

1. b) Messungen spezieller anatomischer Abschnitte

LANGER (1872) untersuchte an 6 Individuen Veränderungen einzelner anatomischer Merkmale des Femur beim heranwachsenden Menschen und fand ein konstantes Ansteigen der Werte im Lauf des Lebens (Tabelle 2).

Tabelle 2: Beziehungen zwischen Einzelmerkmalen und Lebensalter (nach LANGER)

|                                |    | Kind<br>10 Tg. | Kind<br>1 Jhr. | Kind<br>3 Jhr. | Knabe<br>6 Jhr. | Knabe<br>15 Jhr. | Mann |
|--------------------------------|----|----------------|----------------|----------------|-----------------|------------------|------|
| Ganze Länge                    | cm | 9,8            | 13,0           | 19,0           | 24,8            | 37,2             | 43,0 |
| Länge des oberen<br>Endstückes | cm | 1,8            | 2,3            | 3,4            | 4,1             | 5,6              | 6,0  |
| Länge des Mittel-<br>stückes   | cm | 6,6            | 9,1            | 13,8           | 18,7            | 29,1             | 34,0 |
| Länge der unteren<br>Epiphyse  | cm | 1,4            | 1,6            | 1,8            | 2,0             | 2,5              | 3,0  |
| Länge des Halses               | cm | 0,55           | 0,8            | 1,1            | 1,8             | 2,8              | 3,6  |
| Durchmesser des<br>Kopfes      | cm | 1,7            | 2,2            | 2,8            | 3,2             | 3,9              | 4,7  |
| Dicke des Schaftes             | cm | 0,7            | 0,9            | 1,4            | 1,7             | 2,0              | 2,6  |
| Breite beider Con-<br>dylen    | cm | 2,6            | 3,3            | 4,4            | 5,3             | 6,4              | 7,3  |

|                                          | Kind<br>10 Tg. | Kind<br>1 Jhr. | Kind<br>3 Jhr. | Knabe<br>6 Jhr. | Knabe<br>15 Jhr. | Mann |
|------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|------------------|------|
| Breite der Incisur<br>cm                 | 1,1            | 1,4            | 1,6            | 2,2             | 2,3              | 2,1  |
| Länge der medialen<br>Condylenfläche cm  | 2,8            | 3,2            | 4,1            | 4,7             | 6,7              | 8,4  |
| Breite der medialen<br>Condylenfläche cm | 0,8            | 1,0            | 1,4            | 1,5             | 2,0              | 2,6  |

LANGER machte auch auf den Unterschied zwischen einem dicken und einem schlanken Knochen aufmerksam. Er schrieb:

"An dem dicken Knochen ist die Höhe der unteren Epiphyse etwas größer und zwar auf Kosten des Schaftes, gleichwie auch die Front des unteren Endes im Verhältnis zur ganzen Länge etwas größer ist als an dem schlanken Knochen."

Der Vergleich eines schlanken Knochens mit einer absoluten Länge von 43,0 cm und eines dicken Knochens mit einer absoluten Länge von 41 cm ergab, daß das obere Ende des schlanken Knochens 13,9 %, der Schaft 79,1 %, die untere Epiphyse 6,9 % der Gesamtlänge von 43 cm entsprachen, während beim dicken Knochen das obere Ende 14,5 %, der Schaft 77,8 % und die untere Epiphyse 7,7 % der Gesamtlänge von 41 cm ausmachten.

GRADWOHL (1954) untersuchte die Beziehung der maximalen Länge des Femur ohne Epiphysen in Abhängigkeit vom

Alter. Er stellte ein stetes Ansteigen, beginnend von 80 mm bei einem Neugeborenen, über 280 mm bei einem 9-jährigen bis zu 400 mm bei einem 18-jährigen fest. Bei graphischer Darstellung ist der Anstieg der Kurve vom 1. bis zum 12. Lebensjahr besonders stark, um dann abzuflachen mit geringstem Steigungsgrad vom 15. Jahr an.

## 2. Femurdurchmesser

Als Femurdurchmesser wird der Durchmesser der Diaphyse (möglichst in Diaphysenmitte gemessen) bezeichnet.

PALKAMA (1967) stellte nach Untersuchungen an finnischen Kindern im Alter von 1 - 15 Jahren fest, daß zwischen dem Durchmesser des Femur und der Größe oder dem Alter eine lineare Beziehung besteht. Er gab zwei Formeln zur Größen- und Altersbestimmung für Knaben und Mädchen an:

### I. Größenbestimmung

$$1) \text{ Knaben} \quad y = 50 \cdot x + 21,5 \pm 7,1$$

$$2) \text{ Mädchen} \quad y = 50 \cdot x + 19,0 \pm 7,5$$

$y$  = geschätzte Größe in cm

$x$  = der gemessene Durchmesser des Femur

## II. Altersbestimmung

$$3) \text{ Knaben} \quad y = 18,5 (e^x - 1) - 17,5 \pm 11,5$$

$$4) \text{ Mädchen} \quad y = 18,7 (e^x - 1) - 15,6 \pm 16,4$$

y = Alter in Monaten

x = Durchmesser des Femur in cm

e = 2,3

Nach PAIKAMA ist der Fehler beim Bestimmen der Größe immer gleich, da das jährliche Wachstum des Knochens rund 7-9 cm beträgt; der Fehler (7,1 - 7,5 cm) werde kleiner (2,5 - 7 cm), wenn die Größe aufgrund der Länge der Diaphysen von langen Knochen berechnet wird.

## 3. Porosität

Unter Porosität ist eine größere oder geringere Ausdehnung der im Inneren des Knochens enthaltenen Hohlräume gegenüber der Knochensubstanz zu verstehen (TÖPPICH 1914).

Zur Messung der Porosität werden das absolute Gewicht der Knochen nach Mazeration, Entfettung und Lufttrocknung, die Volumenmessung der Knochen, berechnet durch die Wasserverdrängung nach Vorbehandlung des Knochens mit Gelatine und das spezifische Gewicht der Knochensubstanz, bestimmt. Das Knochensubstanzvolumen läßt sich aus dem Quotienten von absolutem und spezifischem

Gewicht berechnen. Die Knochenvolumen minus Knochen-  
substanzvolumen werden als Porenvolumen bezeichnet.

TÖPPICH hat zur Berechnung der Porosität folgende  
Formel abgeleitet:

Porosität (= prozentisches Hohlraumvolumen)

$$\text{Porosität} = \frac{100 \text{ Porenvolumen}}{\text{Knochenvolumen}}$$

Nach den Untersuchungen von TÖPPICH ist die Porosität  
für die einzelnen Knochen konstant, aber von Alter,  
Geschlecht und Rasse abhängig. Seine Untersuchungser-  
gebnisse zeigen, daß die Porosität im Laufe des Lebens  
Veränderungen unterworfen ist:

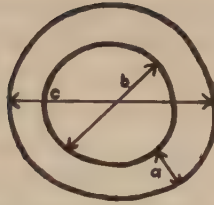
Beträgt sie beim Neugeborenen 64,63, so sinkt sie bei  
einem 25-jährigen Mann um 5,54 auf 59,09 ab, um bei  
einem 82-jährigen Greis wieder um 11,9 auf 70,99 an-  
zusteigen.

#### 4. Rindendicke

Die Stärke der Knochenrinde (Rindendicke) läßt sich  
aus der Differenz des Periostal- und Endostaldurch-  
messers berechnen (Schema 3).

Schema 3:

- a) Rindendicke
- b) Endostaldurchmesser
- c) Periostaldurchmesser



SMITH und WALKER (1964) untersuchten 2030 Frauen im Alter von 45 bis über 75 Jahren und fanden bei der gewählten Altersgruppe eine Zunahme des Periostaldurchmessers und eine Abnahme der Rindendicke mit steigendem Lebensalter. Es ergaben sich für die einzelnen Altersgruppen die in Tabelle 3 zusammengefaßten Werte:

Tabelle 3: Veränderungen des Periostaldurchmessers und der Rindendicke mit steigendem Lebensalter (nach SMITH und WALKER)

| Gemessene Werte |        |                            |                   | Errechnete Werte          |                                                   |
|-----------------|--------|----------------------------|-------------------|---------------------------|---------------------------------------------------|
| Alter           | Anzahl | Periostaldurchmesser<br>mm | Rindendicke<br>mm | Endostaldurchmesser<br>mm | Cross-section<br>Cortical area<br>mm <sup>2</sup> |
| 45-49           | 286    | 31,32 $\pm$ 0,15           | 18,67 $\pm$ 0,17  | 12,65                     | 644                                               |
| 50-54           | 303    | 31,60 $\pm$ 0,15           | 18,69 $\pm$ 0,14  | 12,91                     | 653                                               |
| 55-59           | 501    | 31,86 $\pm$ 0,13           | 18,17 $\pm$ 0,12  | 13,69                     | 652                                               |
| 60-64           | 424    | 32,12 $\pm$ 0,14           | 17,96 $\pm$ 0,14  | 14,16                     | 653                                               |
| 65-69           | 291    | 32,85 $\pm$ 0,16           | 18,08 $\pm$ 0,16  | 14,77                     | 678                                               |
| 70-74           | 162    | 33,03 $\pm$ 0,23           | 17,32 $\pm$ 0,22  | 15,71                     | 661                                               |
| 75-90           | 63     | 34,74 $\pm$ 0,32           | 17,68 $\pm$ 0,37  | 17,06                     | 718                                               |

Von SMITH und WALKER wurden auch der Periostaldurchmesser an der Mitte des Schaftes, am kleinen Trochanter und am kleinsten Durchmesser des Halses gemessen. Untersucht wurden 30 Frauen im Alter von 45-49 Jahren (Gruppe A) und 30 Frauen, die 75 Jahre und älter waren (Gruppe B). In der Gruppe A betrug der Durchmesser an der Schaftmitte  $31,03 \pm 0,5$  mm, am kleinen Trochanter  $34,20 \pm 0,52$  mm und am kleinsten Durchmesser des Halses  $35,91 \pm 0,42$  mm. In der Gruppe B betrug der Durchmesser  $34,63 \pm 0,39$  mm an der Schaftmitte,  $35,95 \pm 0,35$  mm am kleinsten Trochanter und  $36,85 \pm 0,39$  mm am kleinsten Halsdurchmesser. Es ergab sich also ein Anstieg des Periostaldurchmessers mit zunehmendem Alter.

ARNOLD (1966) fand, daß die Dicke der femoralen Rinde eine Funktion des Alters in der weiblichen Bevölkerung darstellt. Die Regressionslinie bei Frauen zeigt nach seinen Messungen ein progressives Abnehmen um 0,5 mm pro 10 Jahre, bei Männern eine Abnahme von nur 0,1 mm pro 10 Jahre.

## 5. Dichte

Die Dichte eines Knochens wird durch das Verhältnis seines Gewichtes zu seinem Volumen bestimmt.

TROTTER, BROMANN, PETERSON (1960) stellten die Veränderung der Dichte des Femur graphisch dar. Aus ihren Untersuchungen ergibt sich eine stetige lineare Abnahme der Dichte etwa ab dem 30. Lebensjahr. Ein Unterschied

zwischen der Dichte bei männlichen und weiblichen Probanden besteht darin, daß die Abnahme der Dichte bei Männern später als bei Frauen beginnt und die Kurve daher steiler als bei Frauen abfällt.

ALKINSON, WEATHERELL, WEIDMANN (1962) unternahmen den Versuch, im vorderen Teil des Schaftes von 91 Schenkelbeinen eine Knochenscheibe von ungefähr  $1/2$  cm Durchmesser herauszuschneiden, die Scheibe mit Wachs zu umgeben und das Volumen durch Wasserverdrängung zu messen; sie schnitten ferner zwei Knochenscheiben 2,5 cm oberhalb und unterhalb der ersten Scheibe heraus und stellten die Abnahme der Dichte graphisch dar. Die Autoren fanden von dem 50. Lebensjahr an eine zunehmende Tendenz zur Rindenresorption und zu einem Verlust der vor Beginn der Osteoporose vorhandenen uniformen Dichte, was nach ihrer Auffassung dem unterschiedlichen Maße der Resorption innerhalb der Femurrinde zuzuschreiben ist. Beim Vergleich der oberen und unteren Knochenscheiben war in den meisten Fällen die Dichte der oberen Teile größer als die der unteren. Von der 5. Dekade an ergaben die Untersuchungen Unterschiede der beiden Dichten als deren vermutliche Ursache eine höhere Porosität des unteren Segmentes gegenüber dem oberen angesehen wurde. Der Dichteunterschied zwischen oberem und unterem Exemplar vor dem 50. Lebensjahr betrug in 95 % der Fälle weniger als 0,1. Zur Erklärung der Unterschiede in der Dichte wiesen die Autoren auf die Möglichkeit einer verschiedenen metabolischen Aktivität der Gebiete des Femur hin, aus denen die beiden Knochenscheiben genommen wurden; die

Arbeitsweise des Individuums - sitzend oder laufend - hatte keinen Einfluß auf die Dichte. Bis zur 5. Dekade hatten die beiden Scheiben bei den meisten Individuen gleiche Dichte. Kleinere Unterschiede bis zum 50. Lebensjahr ließen sich auf Veränderungen der Mineralisation zurückführen und waren gewöhnlich in der Metaphyse geringer als in der Diaphyse; nach dem 50. Jahr traten große Unterschiede aufgrund unterschiedlicher Resorption einzelner Gebiete, nicht der Mineralisation, auf.

#### 6. Bleigehalt des Femur

MORRIS (1940) wies, gestützt auf Analysen von LYNCH (1934) und TOMPSETT (1935) auf ein Anwachsen des Bleigehaltes im Schaft des Femur mit zunehmendem Alter hin. Er gab als Zunahme pro Jahr 0,8 mg Pb (pro kg frischem Knochen) an.

WEINIG und BÖRNER (1960) trugen die analytischen Ergebnisse zahlreicher Autoren zusammen (LYNCH 1934, TOMPSETT 1935, BAGCHI 1939, HANSMANN und PERRY 1940, HENDERSON und INGLIS 1957) die den normalen Bleigehalt im menschlichen Knochen bestimmten und die Auffassung vertraten, daß der Bleigehalt mit steigendem Alter zunehme, ohne daß dies als strenge Gesetzmäßigkeit anzusehen sei.

Bei eigenen Untersuchungen des Bleigehaltes im Knochen durch WEINIG und BÖRNER (1960) wurden im Femur

Erwachsener, die keiner Bleieinwirkung ausgesetzt waren, Werte zwischen 1 - 3 mg % gefunden; sie lagen allgemein beim Erwachsenen zwischen 1 und 3 mg %, im 3. Lebensjahrzehnt näher bei 1 mg %, im 6. und 7. Lebensjahrzehnt meist zwischen 2 und 3 mg %, in manchen Fällen auch zwischen 1 - 2 mg %.

Bei getrennter Analyse von Spongiosa- und Compacta-Asche des Femurknochens in 4 Fällen fanden sich keine wesentlichen Unterschiede des sogenannten normalen Bleigehaltes zwischen den beiden Aschen.

Tabelle 4: Untersuchungen von Knochen bleifremder  
Personen (WEINIG und BÖRNER, 1960)

| Nr. | Alter<br>in Jhr. | Beruf                | Todesursache              | Bleigehalt<br>in mg/100 g<br>Asche<br>Femur |
|-----|------------------|----------------------|---------------------------|---------------------------------------------|
| 1   | Neugeb.          | -                    | Tod durch Ersticken       | 0,60                                        |
| 2   | Neugeb.          | -                    | Tod unter der Geburt      | 0,52                                        |
| 3   | 18               | Verkäuferin          | Schlafmittelvergiftung    | 0,87                                        |
| 4   | 19               | Arbeiterin           | Pneumonie                 | 0,80                                        |
| 5   | 26               | Hausfrau             | Erhängungstod             | 1,07                                        |
| 6   | 27               | Hausfrau             | Metasystox-Vergiftung     | 1,22                                        |
| 7   | 27               | Angestellter         | Verkehrsunfall            | 1,34                                        |
| 8   | 28               | Hausfrau             | Verkehrsunfall            | 0,80                                        |
| 9   | 28               | Vertreter            | Verkehrsunfall            | 1,34                                        |
| 10  | 29               | Hausfrau             | Tod durch Stichverletzung | 1,10                                        |
| 11  | 29               | Arbeiter             | Betriebsunfall            | 2,22                                        |
| 12  | 36               | Arbeiter             | Betriebsunfall            | 1,61                                        |
| 13  | 39               | Arbeiter             | Tod durch stumpfe Gewalt  | 2,69                                        |
| 14  | 44               | Landwirt             | Verkehrsunfall            | 1,88                                        |
| 15  | 45               | Angestellter         | Verkehrsunfall            | 2,52                                        |
| 16  | 46               | Hausfrau             | E 605-Vergiftung          | 1,34                                        |
| 17  | 47               | Arbeiter             | CO-Vergiftung             | 2,14                                        |
| 18  | 50               | Kunstmaler           | Herzinfarkt               | 2,15                                        |
| 19  | 52               | Rentnerin            | Verkehrsunfall            | 2,01                                        |
| 20  | 53               | Arbeiter             | Verkehrsunfall            | 1,58                                        |
| 21  | 56               | Landwirt             | Erhängungstod             | 1,88                                        |
| 22  | 58               | Angestellter         | Verkehrsunfall            | 2,01                                        |
| 23  | 62               | Rentner              | Verkehrsunfall            | 1,82                                        |
| 24  | 64               | Landwirt             | Verkehrsunfall            | 3,21                                        |
| 25  | 65               | Landwirts-<br>ehfrau | Verkehrsunfall            | 1,61                                        |
| 26  | 65               | Arbeiter             | Herzinfarkt               | 2,69                                        |
| 27  | 65               | Arbeiter             | Betriebsunfall            | 2,01                                        |
| 28  | 65               | Kunstmaler           | Verkehrsunfall            | 1,61                                        |
| 29  | 71               | Rentner              | Verkehrsunfall            | 2,88                                        |
| 30  | 71               | Rentner              | Verkehrsunfall            | 2,42                                        |

## 7. Torsionswinkel

Als Torsionswinkel wird der Winkel bezeichnet, den die obere Collumachse mit der unteren Condylentangente bildet. Halsachse und quere Condylenachse des Femur liegen nicht, wie am Oberarm, in einer Ebene. Die beiden Enden des Schaftes scheinen gegeneinander verdreht, die beiden Achsen schneiden sich unter einem Winkel, dem Torsionswinkel.

Zur Messung wird nach MARTIN (1928) die obere Collumachse durch einen schwarzen Faden markiert, der von der Mitte des Caput bis zum Trochanter minor geführt wird, so daß das Collum, von oben gesehen, in zwei gleiche Hälften geteilt wird. Auf dem Faden wird in gleicher Richtung mit Wachs eine Stahlnadel befestigt. Auch die Condylenachse wird durch eine Stahlnadel markiert, die als Tangente an die Hinterfläche der beiden Condylen angelegt wird, oder die Nadel wird parallel zu dieser Tangente an die Unterfläche der Condylen angelegt und zwar durch die vordere Grenze der Fossa intercondyloidea. Hierauf wird der Knochen vertikal in einen Knochenhalter eingespannt, so daß die Gelenkachsen sich schneiden, ihre Endpunkte werden mit dem Parallelographen punktiert und der Winkel auf der Zeichnung gemessen.

Aus Untersuchungen von WACHSMUTH und v.LANZ (1938) geht hervor, daß der Torsionswinkel, der beim Erwachsenen einen Durchschnittswert von  $+ 12^{\circ}$  besitzt, individuell sehr stark schwankt. Die Halsachse weicht in ihrer mittleren Schwankungsbreite um  $+ 8^{\circ}$  auf  $4^{\circ}$  bzw.  $20^{\circ}$  aus der Condylenebene ab. In Grenzfällen konnten Abweichungen ventralwärts bis  $37^{\circ}$ , dorsalwärts bis  $25^{\circ}$  beobachtet werden.

In einer von PITZEN (1921) veröffentlichten Tabelle, die sich auf 16 Einzelergebnisse von Individuen zwischen  $4\frac{1}{2}$  und  $22\frac{1}{2}$  Jahren stützt, beträgt der Torsionswinkel bei einem 17 Jahre alten Individuum  $7^{\circ}$ , während bei einem  $18\frac{1}{2}$ -jährigen ein Winkel von  $32^{\circ}$  gemessen wurde.

JOHANNSSON (1934) hat aufgrund von Messungen, deren Zahl er nicht angab, Ergebnisse aufgeführt, die starke individuelle Schwankungen aufweisen.

Zwei graphische Darstellungen von RODGERS (1934) und DUNLAP (1953) zeigen eine Abnahme des Torsionswinkels während der Entwicklung bis zum 20. Lebensjahr. Die bei RODGERS dargestellten Abweichungen der Einzelergebnisse von den in einer Kurve dargestellten Mittelwerten sind sehr groß.

### 8. Collum-Diaphysenwinkel

Der Winkel, den die Collumachse mit der Diaphyse bildet, wird als Collum-Diaphysenwinkel bezeichnet. BRAUS (1954) wies darauf hin, daß diese Definition nicht exakt sei, da das Collum von der Diaphyse aus verknöchere und zu ihr gehöre, nur der Kopf entspreche der proximalen Epiphyse.

Zur Messung wird nach MARTIN (1928) die Collumachse mit einem schwarzen Faden nach dem Augenmaß auf die Vorderfläche des Collum so markiert, daß Caput und Collum möglichst genau halbiert werden. Auch die Diaphysenachse wird durch einen schwarzen Faden markiert, der vom oberen Ende der Linea obliqua in der Median-Sagittal-Ebene über die Vorderfläche des Knochens bis zu den Condylen gespannt und mit Wachs befestigt wird. Der Winkel wird am Schnittpunkt der beiden Fäden direkt abgelesen.

Über eine Beziehung zwischen dem Neigungswinkel des Schenkelhalses und dem Querschnitt des Schenkelbasis-schaftes, der für die Altersbestimmung von Bedeutung wäre, wenn aus der Schaftform auf die Größe des Collumdiaphysenwinkels und damit auf das mögliche Alter des Individuums geschlossen werden könnte, berichtete HIRSCH (1899).

"Was in beiden demonstrierten Fällen zu sehen ist, das habe ich bei Untersuchungen einer größeren Zahl von Oberschenkelbeinen immer wieder von neuem gefunden. Wenn ich ein Schenkelbein mit besonders steilem Schenkelhals und ein solches mit besonders geneigtem Hals miteinander verglich, so fand ich jedesmal, daß das Schenkelbein mit dem steilen Hals einen mehr symmetrischen Querschnitt unterhalb des Trochanter minor besaß gegenüber dem mit dem stark geneigten Halse, das jedesmal einen mehr dreieckigen, asymmetrischen Querschnitt in dem proximalen Schaftteil darbot."

VALENTIN (1922) und HROMADA (1940) beschrieben eine Abnahme des Collum-Diaphysenwinkels im Laufe des Lebens. Sie gaben an, daß die Größe des normalen Winkels beim ausgewachsenen Menschen im Durchschnitt  $128^{\circ}$  betrage und dann durch die stetige Belastung abnehme. VALENTIN führte als Beweis für diese Theorie einerseits das Ausbleiben der winkelligen Abknickung bei frühzeitig Gelähmten, andererseits das Kleinerwerden des Winkels bei bestimmten Krankheiten, wie Rachitis und Osteomalacie an. Er stellte fest, daß die Körperhöhe keinen Einfluß auf den Winkel habe und daß dieser mit zunehmender Femurlänge steige, während der Torsions- und der Condyllo-Diaphysenwinkel keine Änderung erfahre; die Größe des Collum-Diaphysenwinkels schwanke bei Rachitis und Osteomalacie innerhalb sehr breiter Grenzen: Zwischen  $90^{\circ}$  und  $118^{\circ}$  bei der Rachitis und  $90^{\circ}$  und  $129^{\circ}$  bei der Osteomalacie.

WACHSMUTH, v. LANZ (1938) stellten die mögliche Schwankungsbreite des Schenkelhalswinkels beim Erwachsenen graphisch dar. Sie gingen von einem mittleren Durchschnittswert aus, der  $126^{\circ}$  beträgt. Die obere Grenze der mittleren Schwankungsbreite wurde bei  $133^{\circ}$ , die untere Grenze der mittleren Schwankungsbreite mit  $120^{\circ}$  angegeben, als Extremwerte  $140^{\circ}$  bzw.  $115^{\circ}$ . Beim Neugeborenen (aufgerichtet  $150^{\circ}$ ) nimmt nach den Untersuchungen der Schenkelhals mit Beginn der statischen Belastung ( $140^{\circ}$ ) ab und erreicht mit etwa 15 Jahren die obere Grenze der mittleren Schwankungsbreite; mit zunehmendem Alter verkleinert sich der Winkel immer mehr, um schließlich mit  $120^{\circ}$  im Greisenalter den geringsten Wert einzunehmen.

JOHANNSSON (1934) maß bei zwei 60-jährigen einen Collum-Diaphysenwinkel von  $113^{\circ}$  und  $130^{\circ}$ , bei einem 44-jährigen einen Winkel von  $126^{\circ}$ .

In ähnlicher Weise äußerten sich auch VOURLOND (1888) und PITZEN (1921).

RAVELLI (1954) faßte die Ergebnisse einzelner Autoren (MIKULICZ 1878, NISHIZUKA 1926, BÖHM 1934) zusammen, wonach der Winkel bei einem Neugeborenen ungefähr  $125^{\circ}$  beträgt. RAVELLI erklärte aber diese Ergebnisse für fehlerhaft aufgrund falscher Meßtechnik. Nach seiner Meinung beträgt der Neigungswinkel des Schenkelhalses bei einem Neugeborenen  $140^{\circ}$ .

Über die Geschlechtsunterschiede beim Collo-Diaphysenwinkel schrieb BRAUS-ELZE (1914), daß der Winkel bei der Frau ein rechter, beim Mann ein stumpfer sei.

Nach VALENTIN (1922) ist der Winkel bei der Frau kleiner als beim Mann, wird jedoch durch die individuellen Schwankungen überdeckt und verwischt.

Bei einer Altersbestimmung mithilfe des Collum-Diaphysenwinkels ist die Kenntnis einer Verkleinerung oder Vergrößerung des Winkels im Sinne einer Coxa vara bzw. Coxa valga von Bedeutung, da es sich hierbei nicht um altersbedingte sondern pathologische Vorgänge handelt.

WACHSMUTH und v.LANZ (1938) gingen auf eine mögliche Epiphysenwanderung beim Jugendlichen ein. Nach ihren Beobachtungen kann die kappenförmige Kopfeiphyse vor Verschmelzung der Fuge ihre achsengerechte Stellung auf dem Collum verlieren; verschiebt sie sich medialwärts, so wird der Winkel verkleinert (Coxa vara), er eilt damit der natürlichen Entwicklung des Lebensalters voraus; wird die Kopfkappe lateralwärts verschoben, so wird der Collo-Diaphysenwinkel vergrößert (Coxa valga), er bleibt damit gegenüber der seiner Altersstufe angemessenen Entwicklungsstufe zurück. Gleichzeitig mit der Wanderung in der Frontalebene wird die Kopfkappe nach hinten gekippt.

Bei einer Verschiebung der Kopfkappe im Sinne der Coxa valga ist die Epiphysenachse gegen die Halsachse proximal verschoben und weniger stark geneigt, während bei einer Verschiebung der Kopfkappe im Sinne der Coxa vara die Epiphysenachse gegen die Halsachse distal verschoben, stärker geneigt und dorsal abgeknickt ist.

## 9. Geschlechtsunterschiede

Die Frage, ob es sich bei dem zu untersuchenden Knochen um einen männlichen oder weiblichen Femur handelt, ist wegen der unterschiedlichen Wachstums- und Verknöcherungsvorgänge für die Altersbestimmung von Bedeutung.

Grundlegende Untersuchungen zu dieser Frage stammen von DWIGHT und PEARSON (1919).

DWIGHT verwendete feuchte Knochen, hierbei befand sich der Knorpel noch am Femur, während PEARSON'S Material aus trockenen Knochen bestand.<sup>1)</sup> DWIGHT ordnete einen Femurkopf mit einem Wert von  $< 43,5$  mm mit großer Sicherheit einer Frau und einen Femurkopf mit einem Wert von  $> 50,5$  mm einem Mann zu. Nach seiner Ansicht lassen Werte von  $43,5 - 45,5$  mm bzw.  $48,5 - 50,5$  mm vermuten, daß es sich bei dem Individuum um eine Frau bzw. um einen Mann handelt, während Werte von  $45,5$  und  $48,5$  mm keinen sicheren Schluß zulassen. Die graphische Darstellung ergibt zwei GAUSS'sche Glockenkurven mit der Häufigkeit als Koordinate und dem Durchmesser als Abszisse; dabei liegt der Kulminationspunkt für die Frau bei  $43,5$  mm, für den Mann bei  $49,5$  mm.

PEARSON stützte sich auf Daten von HRDLICKA, der die Länge des Femur und ihre Beziehung zum Geschlecht untersucht hatte. Danach stammt ein Femur eines erwachsenen Menschen mit einer Länge von  $< 40,5$  cm sicher von einer Frau, ein Femur mit einer Länge von  $> 47,5$  cm sicher von einem Mann. Werte von  $40,5 - 42,5$  cm bzw. von  $45,5 - 47,5$  cm lassen nach PEARSON vermuten, daß es sich bei dem vorliegenden Knochen um einen weib-

---

<sup>1)</sup> Die Ergebnisse von trockenen und feuchten Knochen können nach PEARSON miteinander verglichen werden, indem von den Werten der feuchten Knochen rund  $3$  mm abgezogen werden.

lichen bzw. um einen männlichen Knochen handelt; liegt der Wert zwischen 42,5 und 45,5 cm, so läßt er keinen sicheren Schluß auf das Geschlecht zu. Bei graphischer Darstellung ergeben sich zwei GAUSS'sche Glockenkurven, wobei der höchste Punkt der Kurve, die maximale Häufigkeit, beim weiblichen Geschlecht bei 41,5 cm liegt, beim männlichen Geschlecht bei 45 cm.

PEARSON untersuchte bei 355 linken Schenkelbeinen die größte Trochanterlänge, den Abstand des höchsten Punktes des Oberrandes des Trochanter major vom tiefsten Punkt des Condylus medialis. Er stellte fest, daß Werte zwischen 40,5 und 43,0 cm keinen sicheren Schluß auf das vorliegende Geschlecht zulassen, während bei Werten zwischen 39,0 und 40,5 cm bzw. 43,5 und 45,0 cm mit Wahrscheinlichkeit angenommen werden kann, daß es sich um einen weiblichen bzw. männlichen Knochen handelt. Ganz sicher könne bei Maßen von  $< 39,0$  und  $> 45,0$  cm auf ein weibliches bzw. männliches Individuum geschlossen werden. Bei den von PEARSON dargestellten Glockenkurven liegt der Kulminationspunkt für das weibliche Geschlecht bei 38,65, der Gipfel der männlichen Kurve bei 44,65 cm.

Durch Untersuchung von 404 rechten Femora über die Länge der Poplitea fand PEARSON, daß Werte  $< 10,60$  cm mit Sicherheit einem weiblichen, Werte  $> 14,50$  cm mit Sicherheit einem männlichen Femur zuzuordnen sind. Femora mit Maßen von 10,60 - 11,45 cm bzw. 13,20 - 14,50 cm gehörten mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit einem weiblichen bzw. männlichen Individuum an,

Werte zwischen 11,45 und 13,20 cm ließen keinen sicheren Schluß für eine Geschlechtsbestimmung zu. Der Gipfel der weiblichen Kurve liege bei 110 mm, der der männlichen bei 130 mm.

Aus Untersuchungen von PEARSON über die Bicondylar-Breite geht hervor, daß Femora mit Werten  $< 72$  mm von einem weiblichen Individuum, mit Werten  $> 78$  mm von einem männlichen Individuum stammen. Messungen von 74 - 76 mm ließen keinen sicheren Schluß über das Geschlecht zu, während Zahlen von 72 - 74 mm bzw. 76 - 78 mm mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit auf einen männlichen bzw. weiblichen Femur hinwiesen.

Auf weitere Geschlechtsunterschiede wird noch bei den einzelnen Kapiteln eingegangen.

## B) Altersabhängige makroskopische Form- und Strukturveränderungen

### 1. Allgemeine anatomische Veränderungen

#### a) Allgemeinveränderungen

FRIEDRICH (1853) nannte für die Knochen des Greisenalters folgende Merkmale:

" Die Knochenmasse ist vermindert, die Knochen sind dünner und spröder. In Bezug auf die Knochen der Extremitäten ist besonders bemerkenswert, daß es fast kein Gelenk an denselben gibt, das man nicht bei Greisen ankylosiert gefunden hat. "

TOLDT (1882) beschrieb die Veränderungen der Extremitätenskelette im Laufe eines Lebens folgendermaßen:

"Zuerst ist der Knochen porös, matt glänzend, von einer geringen Härte und Festigkeit, sobald aber die Kompakta vermehrt wird, wird die Oberfläche glatt und glänzend, Härte und Festigkeit nehmen zu. Im allgemeinen sind weibliche Knochen nach allen Dimensionen kleiner, die Mittelstücke der Röhrenknochen schlanker, die Gelenkenden derselben weniger verdickt, die Leisten und Rauigkeiten sind weniger stark ausgeprägt. Die Kompakta ist entschieden kleiner, daher ist auch die Widerstandskraft geringer."

In gleicher Weise wie TOLDT äußerten sich HOFMANN und HABERDA (1927) und BÜHL (1942).

Einen zusammenfassenden Überblick über die allgemeinen Veränderungen gab HANSEN (1953/54). Er entnahm bei 230 Sektionen von Leichen im Alter über 15 Jahren beide Femurhälften, wobei er rund 10 cm unterhalb des Kopfes den Schaft durchsägte. Zur Kontrolle, daß der Mazerationprozeß nicht die zarten, freiliegenden Spongiosastrukturen zerstörte, entnahm HANSEN beide Knochen, sägte den einen der Länge nach auf, und ließ den anderen Knochen intakt. Er führte eine Schnellmazeration der Knochen in einer 12 - 15 % igen Antiforminlösung durch.

Seine Ergebnisse lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

#### 1. Dekade (15-19 Jahre)

Der Femur zeigt glatte, runde Konturen, mit 15-

16 Jahren ist der ganze Knochen geraut und porös, mit 18 Jahren ist der Schaft glatt. Mit 20 Jahren finden sich nur noch im Bereich der vorderen Halspartien raue Stellen, während der Epiphysenspalt deutlich erkennbar ist. Mit 18-19 Jahren verschwindet die Epiphysenlinie und am Kopfrand bleibt als Rest eine schmale Kerbe.

## 2. Dekade (20-29 Jahre)

Der Femur ist glatt bis auf eine Rauigkeit im Bereich der vorderen Halswand. Bis zum 23. Jahr findet sich am medialen Kopfrand eine kleine Kerbe, später vereinzelt eine flache Kerbe.

## 3. Dekade (30-39 Jahre)

Es treten Veränderungen um die Fovea auf. Sie wird tiefer und schärfer. Von der Epiphysenlinie ist manchmal noch eine Spur erkennbar in Gestalt einer Delle oder einer Wulst.

## 4. Dekade (40-49 Jahre)

Am Hals sind Rauigkeiten zu finden. Der Rand der Fovea ist rau und kantig. Die Linea intertrochanterica zeigt ein wulstiges Aussehen. Der Trochanter major wird rau. Die Epiphysenlinien sind außen verschwunden.

## 5. Dekade (50-59 Jahre)

Die Fovea ist scharfkantig. Der Gelenkteil des Kopfes wird rauher, ebenso der Trochanter major. Häufiger zeigt sich eine scharfe Randwulst des Kopfes. Die Crista femoris wird deutlicher und wulstiger.

#### 6. Dekade (60-69 Jahre)

Die Linea intertrochanterica und die Crista femoris sind sehr stark ausgeprägt und wulstig. Regelmäßig findet sich jetzt in der Grube zwischen oberem Hals und Trochanter major eine knollige blumenkohlartige Knochenwucherung.

#### 7. Dekade (über 70 Jahre)

Bis zu 75 Jahren:

Leichter oder poröser Knochen; die Kompakta ist durchweg fest, dick und hart.

#### Über 75 Jahre

Große Vakuolen am Hals und im Trochanter major.

#### Mit 80 Jahren

Poröser, greisenhafter Knochen. Die Knochen werden transparent und zum Teil durchlässig.

#### b) Hüftkopf des Greises

VERAGUTH (1955) untersuchte in 78 Fällen den Femurkopf von Greisen und kam zu dem Ergebnis, daß er als Hauptmerkmal eine Atrophie aller Gewebe aufweist, daß das Knochengewebe eine Osteoporose zeigt, die am ausgeprägtesten an Orten geringer funktioneller Beanspruchung zu Tage tritt, während die Stützelemente der Femurepiphyse gut erhalten bleiben und vor allem auf dem Röntgenbild immer deutlicher werden und daß die Osteozyten im Alter in vermehrtem Maße der Nekrobiose verfallen.

Nach VERAGUTH werde der Gelenkknorpel in den funktionell wenig wichtigen Randgebieten des Kopfes und der Foveola atrophisch, bleibe aber auf Höhe der Druckaufnahme-  
fläche gut erhalten. In den Randgebieten rund um die Foveola zeige der Knorpel regressive Veränderungen, er werde dünner, beginne oberflächlich abzublattern und zeige ein samtartiges Aussehen. Als Ganzes gesehen, ziehe sich der senile Knorpel auf die Konvexität des Gelenkkopfes zurück, ohne jedoch den Bereich der Druckfläche zu erreichen. In den atrophischen Teilen führten Kalkniederschläge zur Petrifikation des Knorpels. Der Knorpel der Druckaufnahme-  
fläche weise beim Greis fast regelmäßig braun- oder tiefgefärbte Schichten auf, die von einer Ansammlung von Chondroitinschwefelsäure, von Kalk, Fett- und albuminoiden Partikeln um die Knorpelzellen herrührten. Durch einen langsamen und fortlaufenden Umbau seiner Stützelemente erfahre der im Alter porotisch gewordene Hüftkopf unter dem Einfluß der normalen Gelenkfunktion eine leichte Änderung der Form "Senile Formanpassung". Sie zeige sich in erster Linie an den Stützbälkchen der Spongiosa (knorrige Struktur) und der Druckaufnahme-  
fläche (regelrechte Abplattung) und bringe feine Veränderungen des Kopfrandes mit sich (ausgeweitete Randzone, Stauchungsfalte).

c) Fossa hypotrochanterica

HRDLICKA (1934) schrieb über seine Untersuchungen der Fossa hypotrochanterica (ohne Angabe der Zahl der Fälle), daß bemerkenswerte Veränderungen in der Fossa

während der Wachstumsperiode beobachtet werden können, obwohl nur wenige Beispiele zwischen 13 und 21 Jahren vorhanden waren. Er hatte einen Rückgang der Zahl der gering entwickelten Fossae hypotrochantericae und eine Zunahme der besser ausgeprägten Fossae festgestellt. Er hielt es für möglich, daß beim jugendlichen Knochen Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Femora in Bezug auf die Fossa hypotrochanterica gefunden werden können; das vorhandene Material hatte in diesem Punkt keinen sicheren Aufschluß geben können. Zwischen 16 und 18 Jahren hatte er fast in allen Fällen eine Zunahme der Ausprägung der Fossa beobachtet.

In einer Auswertung verglich HRDLICKA jugendliche Femora mit denen von Erwachsenen. 15,4 % aus der Gruppe der Jugendlichen und 32 % aus der Gruppe der Erwachsenen besaßen keine Fovea. Bei 30,8 % der Jugendlichen und 38,2 % der Erwachsenen war eine kleine Fossa vorhanden, während 46,1 % Jugendliche und 27 % Erwachsene eine mittelmäßig ausgeprägte Fossa aufwiesen. Eine mittelmäßig bis stark ausgeprägte Fossa dagegen war bei 7,6 % der Jugendlichen und bei 2,8 % der Erwachsenen zu beobachten. Nach seinen Untersuchungen setzt im Alter starke Rückbildung der Fossa ein und dafür eine starke Ausprägung des Randes für den Ansatz des Musculus gluteus. Eine graphische Darstellung der Entwicklung der Fossa hypotrochanterica in Beziehung zum Alter zeigt eine Kurve mit langem steilen Anstieg, mit flacher Kuppe und einem langen Abstieg bis unterhalb der Mitte der Höhe des Anstiegs.

d) Eminentia

Die Eminentia kann bei geringer Ausprägung durch Tasten mit dem Finger erkannt werden. Sie ist bei 90 % Frauen und 100 % Männern vorhanden und variiert mit dem Alter, dem Geschlecht und der Körperseite.

Aus einer Auswertung von ODGERS (1965) geht hervor, daß bei Männern unter 39 Jahren 7 von 8 Femora, bei Männern zwischen 40 und 59 Jahren 15 von 16 und bei Männern über 60 Jahre 36 von 40 eine markante Eminentia aufwiesen. Der Prozentsatz lag in der 1. Gruppe bei 87,5, stieg dann auf 93,7 um wieder auf 90 abzusinken. Bei Frauen unter 39 Jahren betrug der Prozentsatz der markanten Eminentia 30, stieg in der 2. Gruppe auf 37,5 an und ging dann in der letzten Gruppe auf 9 zurück. Die Eminentia ist nach diesen Ergebnissen bei Männern besser entwickelt als bei Frauen.

e) Fossa of Allen

ODGERS unterschied eine Depression, eine leichte und eine ausgeprägte Erosion. Obwohl er einen Trend zu steigender Erosion mit steigendem Alter beobachtete, fand er einzelne Fälle mit einer ausgeprägten Erosion sowohl bei Individuen von über 60 Jahren als auch unter 40 Jahren.

f) Calcar femorale und physiologischer Altersabbau des Halses

Nach BRAUS - ELZE (1954) tritt der Calcar femorale im 7. Lebensjahr auf und wird im höheren Alter meist zurückgebildet, manchmal bis zum völligen Schwund.

Aus seinen Untersuchungen geht hervor, daß die kompakte Rindensubstanz des Halses im Bereich des Halsschaftwinkels besonders stark ist. BRAUS-ELZE nennt die Bezeichnung Trageleiste irreführend, da es sich um eine flächenhafte Verdickung der Kompakta in der ganzen Breite der unteren Wand des Halsschaftwinkels und in beträchtlicher Längenausdehnung handle. Auf diese Partie ist fast rechtwinkelig ein kompakter Knochenkamm aufgesetzt, der ganz mit Spongiosabalken und -platten besetzt ist, der MERKEL'sche Schenkelsporn. Er ist bis 5 cm lang und 3-4 mm dick, hat aber nicht die Form eines Sporns und würde besser Schenkelkamm genannt werden. Er erstreckt sich vom distalen Drittel des Schenkelhalses bis distal vom Trochanter minor und liegt näher der Hinterwand, in der breiten Basis des kegeligen Trochanter minor.

HARTBY (1957) beschrieb den Calcar femorale als eine Knochenplatte innerhalb des Femur, die mit 25 Jahren ihre größte Ausdehnung erreiche. Er untersuchte 100 Femora von Individuen im Alter von 57 Jahren und darüber und fand, daß es beim alten Menschen zur Verdünnung und Entkalkung des Knochens komme; Trabecularsystem und Calcar femorale werden durch gelbes Knochenmark ersetzt. Bei den 100 Femora waren 60 % des Calcar femorale von gelbem Knochenmark ersetzt.

Von WACHSMUTH und v.LANZ (1938) wurde der physiologische Altersabbau des Calcar femorale und des gesamten Schenkelhalses untersucht. Nach ihren Feststellungen löst sich mit zunehmendem Alter, etwa vom 6. Lebensjahrzehnt an, der Schenkelsporn in einzelne Bälkchen auf und verschwindet bis auf einen kleinen Rest kompakten Knochens an seinem oberen Ende; auch die Bälkchenstruktur des ganzen Schenkelendes wird fortschreitend abgebaut, die Wabenräume werden größer, die begrenzenden Knochenbälkchen feiner bis schließlich ihre Wände verschwinden. Dadurch entstehe eine zentrale Höhlung, die sich mit Altersmark anfüllt. Die Autoren fanden Oberschenkelknochen alter Individuen, deren Halshöhle vollständig in die Schafthöhle übergang. Der Hals hielt seine Form nur durch eine dünne Schale kompakten Knochens aufrecht, die wenig widerstandsfähig war und durch einen kräftigen Muskelzug oder einen leichten Stoß einbrechen kann.

g) Adductor tuberculum

MULLER (1961) befestigte an dem tiefsten Punkt der Sehne des Musculus adductor magnus eine Nadel und röntgte den Femur. Das Material umfaßte 40 Knochen von Personen im Alter von 15 Tagen bis 24 Jahre. Die Röntgenaufnahmen zeigten, daß der Berührungspunkt der Sehne des Musculus adductor magnus mit der distalen Epiphyse mit jedem zusätzlichen Lebensjahr eine Aufwärtsbewegung erfährt. Im Alter von 4 Jahren erreicht der Berührungspunkt den Knorpel zwischen Distal-Epiphyse und Schaft, liegt aber noch nicht oberhalb des höchsten Punktes der

distalen Epiphyse. Von 7 Jahren an wandert durch Wachstum der Diaphyse der Berührungspunkt nach oben, so daß die Sehnenfasern den distalen Rand der Diaphyse berühren und nicht mehr die distale Epiphyse. Während dieser Phase verknöchert die Dreieck-Knorpelspalte an der Medialseite und die Sehne des Musculus adductor magnus bewegt sich nach unten zur Stelle der Knochenvereinigung, wo sich das Tuberculum entwickelt. Die letzte Spur der Epiphysenlinie war ungefähr mit 20 Jahren zu beobachten; das Tuberculum wurde erstmals im Alter von rund 24 Jahren nachgewiesen.

## 2. Entwicklung der Knochenkerne

### a) Normale Entwicklung

DAVIS und PARSON (1927) stellten nach Untersuchungen, deren Zahl nicht genannt ist, den Zeitpunkt des Auftretens von Knochenkernen in einer Tabelle zusammen (Tabelle 5).

Tabelle 5: Zeitpunkt des Erscheinens der Knochenkerne  
(nach DAVIS und PARSON)

---

|                    |                |
|--------------------|----------------|
| Femurkopf          | 6. - 12. Monat |
| Großer Trochanter  | 4. Jahr        |
| Kleiner Trochanter | 12. - 14. Jahr |
| Distales Femurende | vor der Geburt |

---

NEHER (1929), der 173 weibliche und 169 männliche Femora untersuchte, schrieb, daß Ossifikationspunkte im Femurkopf beim weiblichen Geschlecht Schwankungen im Auftreten zwischen 5. und 11. Monat unterworfen seien, durchschnittlich aber im 5. - 6. Monat erscheinen. Beim männlichen Geschlecht lägen die Schwankungen im Auftreten zwischen dem 7. und 16. Monat, durchschnittlich könnten sie im 7. und 8. Monat zum erstenmal erkannt werden. Am Trochanter major schwanke der Zeitpunkt des Auftretens von Knochenkernen vom 2. bis zum 5. Jahr, durchschnittlich erschienen sie in der 2. Hälfte des 3. Jahres. Beim männlichen Geschlecht können die Ossifikationskerne zwischen dem 3. und 6. Jahr auftreten, durchschnittlich würden sie zu Beginn des 5. Jahres zum erstenmal beobachtet. Im Trochanter minor träten beim weiblichen Geschlecht die Knochenkerne erstmalig in der 2. Hälfte des 10. Jahres auf. Beim männlichen Geschlecht zeigten sich Schwankungen im Auftreten zwischen Anfang des 11. und in der 2. Hälfte des 13. Jahres, durchschnittlich erschienen sie in der Mitte des 11. Jahres.

Mit diesen Ergebnissen stimmen von WACHSMUTH, v.LANZ (1938) und LEFEBRE, KOIFMANN (1956) veröffentlichte Werte überein.

Bei KROGMANN (1962) ist eine Tabelle zu finden, in der nach Untersuchung einer nicht genannten Zahl von Fällen der Zeitpunkt des Auftretens von Knochenkernen zusammengefaßt ist (Tabelle 6).

Tabelle 6: Zeitpunkt des Auftretens von Knochenkernen  
(nach KROGMANN)

| Männer          |                          | Frauen           |
|-----------------|--------------------------|------------------|
| bei der Geburt  | Femur distal             | bei der Geburt   |
| 3 Monate        | Femurkopf                | 3 Monate         |
| 3 Jahre 1 Monat | Femur großer Trochanter  | 2 Jahre          |
| 9 Jahre 1 Monat | Femur kleiner Trochanter | 7 Jahre 7 Monate |

KÖHLER/ZIMMER (1967) stellten eine Ossifikations-tabelle auf (Tabelle 7). Das weibliche Geschlecht bildet nach den Befunden die Knochenkerne früher und bei einer geringeren Körpergröße aus als das männliche; zur Anlage sämtlicher Knochenkerne ist beim weiblichen Geschlecht eine kürzere Zeitspanne notwendig. Rassistische und konstitutionelle Momente bedingen keine große Verschiebung.

Tabelle 7: Auftreten der Knochenkerne (nach KÖHLER/ZIMMER)

|                        |                                                                 |                                 |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Caput femoris          | 1 Jahr                                                          | ab 10. Monat konstant vorhanden |
| Trochanter major       | Mitte des 4. Jahres vom 3.-6. Jahr ist der Kern inkonstant      | ab dem 7. Jahr konstant         |
| Trochanter minor       | Übergang 8. zum 9. Jahr vom 7.-10. Jahr ist der Kern inkonstant | ab dem 11. Jahr konstant        |
| Distale Femurepi-physe | Kern seit der Geburt vorhanden                                  |                                 |

## b) Pathologische Entwicklung

Ein verzögertes Erscheinen der Knochenkerne kann nach KÖHLER/ZIMMER bei Fällen von schwerer Rachitis, bei hypothyreotischen und athyreotischen Krankheitsbildern, bei angeborenem oder erworbenem Myxödem, bei Morbus Addison, endemischem Kretinismus, hypophysärem Zwergwuchs, starker Unterernährung, langandauernder chronischer Eiterung und bei Eiweißverlust beobachtet werden. Vorzeitiges Erscheinen von Knochenkernen war bei Pubertas praecox, hypophysärem Riesenwuchs, Thyreotoxikosen, Lues, chronischer Infektion und bei Nebennierentumoren festzustellen.

## 3. Epiphysenvereinigung

### a) Normale Entwicklung

Schon früh wurde dem Verschmelzungsprozeß zwischen Diaphyse und Epiphyse große Bedeutung für die Altersbestimmung beigemessen.

HABERDA (1893) untersuchte in einem Gutachtenfall ein nach 8 Jahren Liegezeit ausgegrabenes Skelett und fand folgendes:

"Am Oberschenkel ist die Grenze zwischen Kopf und Hals am Durchschnitt eben noch erkennbar, indem die Lamellenstruktur daselbst durch ein queres Knochenbälkchen unterbrochen scheint; ebenso auch an der unteren Epiphyse. Am großen Trochanter ist eine Epiphysen-Diaphysengrenze nicht mehr zu erkennen."

HABERDA stellte fest, daß das Individuum dem Abschluß des Knochenwachstums sehr nahe war, da fast sämtliche Ansatzstücke der Knochen an die Mittelstücke bis zur Unkenntlichkeit der Grenzen angewachsen waren, ihn aber noch nicht erreicht hatten, wie die Befunde an den einzelnen Knochen bewiesen. (HABERDA: "Das Individuum hat demnach sicher das 20. Lebensjahr, kaum aber das 24., überschritten.")

Nach FRIEDRICH (1853) verwachsen die Knochenansätze allgemein zwischen 15 und 25 Jahren.

Genauere Angaben finden sich bei KANZLER (1854); danach tritt an den Röhrenknochen in dem Zeitraum der eigentlichen Jugend - darunter versteht KANZLER die Lebensperiode, die bis in den Anfang der zwanziger Jahre reicht - die Vereinigung der Ansätze mit den Mittelstücken ein. Am Femur verschmelzen zuerst der Trochanter minor, dann der Kopf, anschließend der Trochanter major, zuletzt die untere Epiphyse.

Zur besseren Übersicht sind die Autoren, deren Ergebnisse nur allgemeine Bedeutung haben, chronologisch in einer Tabelle aufgeführt (Tabelle 8).

Tabelle 8: Zusammenstellung der chronologisch geordneten Arbeiten zum Problem der Vereinigung der Epiphysen mit der Diaphyse.

| Autor               | Jahr   | proximale Epiphyse                |         |         | distale Epiphyse |
|---------------------|--------|-----------------------------------|---------|---------|------------------|
| KORNFELD            | 1884   | proximale Epiphyse zw. 17. u. 19. |         |         | 19. - 20. Jhr.   |
| VOURLOND            | 1888   | 16 - 18                           | 13 - 16 | 13 - 16 | 18. - 22. Jhr.   |
| PREUSS              | 1894/5 | proximale Epiphyse zw. 17. u. 19. |         |         | 19. - 20. Jhr.   |
| KRATTER             | 1912   | allgemein zwischen 16. - 20. Jahr |         |         | -----            |
| SCHRÖDER            | 1912   | allgemein zwischen 16. - 20. Jahr |         |         | -----            |
| LOCHTE              | 1914   | allgemein zwischen 16. - 20. Jahr |         |         | -----            |
| HOFMANN/<br>HABERDA | 1927   | allgemein zwischen 16. - 20. Jahr |         |         | -----            |
| DAVIS/<br>PARSON    | 1927/8 | 19 - 20                           | 18      | 18 - 19 | 19 Jhr.          |
| GRADWOHL            | 1954   | 17 - 18                           | 17 - 18 | 17 - 18 | 17,5-18,5 Jhr.   |
| PROKOP              | 1966   |                                   |         |         |                  |
| Mann                |        | 18 - 20                           | ---     | ---     | -----            |
| Frau                |        | 17 - 19                           | 16 - 18 | 16 - 18 | 18 - 20 Jhr.     |

In dieser Tabelle wurde die proximale Epiphyse in Kopf, kleiner und großer Trochanter unterteilt und die Werte in entsprechender Reihenfolge aufgeführt.

NEHER (1929) hat in einer Tabelle den Zeitunterschied des Verschmelzungsprozesses beim männlichen und weiblichen Geschlecht dargestellt (Tabelle 9).

Tabelle 9: Zeitpunkt der Synostisierungsvorgänge beim weiblichen und männlichen Geschlecht  
(nach NEHER)

|                               |    | Synostisierungsvorgänge im |          |              |          |              |          |
|-------------------------------|----|----------------------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|
|                               |    | Caput femoris              |          | Troch. major |          | Troch. minor |          |
|                               |    | Beginn                     | Abschluß | Beginn       | Abschluß | Beginn       | Abschluß |
| <u>Weibliches Geschlecht:</u> |    |                            |          |              |          |              |          |
| frühzeitig                    | 14 | 16 Jhr.                    | 17       | 17 Jhr.      | 15       | 16 Jhr.      |          |
| durchschnittlich              | 15 | 19 Jhr.                    | 17       | 17 Jhr.      | 16       | 17 Jhr.      |          |
| spät                          | 17 | 19 Jhr.                    | 18       | 19 Jhr.      | 17       | 19 Jhr.      |          |
| <u>Männliches Geschlecht:</u> |    |                            |          |              |          |              |          |
| frühzeitig                    | 15 | 20 Jhr.                    | 15       | 18 Jhr.      | 18       | 20 Jhr.      |          |
| durchschnittlich              | 18 | 20 Jhr.                    | 18       | 20 Jhr.      | 18       | 20 Jhr.      |          |
| spät                          | 19 | 20 Jhr.                    | 18       | 20 Jhr.      | 20       | 20 Jhr.      |          |

NARAYAN, BAJAJ (1957) untersuchten 300 Jungen und 25 Mädchen aus Indien und fanden allgemein, daß die Vereinigung der Epiphysen bei Mädchen rund 2-3 Jahre früher eintritt als bei Jungen. Im Innern des Landes wurde die Epiphysenvereinigung zu einem späteren Zeitpunkt beobachtet. Die Verfasser gaben als mögliche Ursachen für die zeitlichen Schwankungen neben größerer Statur der Bewohner im Landesinneren auch noch Klima, Nahrung und Vererbung an.

KROGMANN (1962) unterschied unter Bezug auf STEVENSON

4 Stadien der Epiphysenvereinigung:

Das 1. Stadium liegt vor der Vereinigung mit klarem Spalt zwischen Epi- und Diaphyse und charakteristischem, sägezahnähnlichem, äußeren Rand der approximalen Fläche von Epi- und Diaphyse; es schließt sich das Stadium d e r b e g i n n e n d e n V e r - e i n i g u n g an mit Tendenz zum Ersatz des Oberflächenspalt es durch eine Linie, Verlust des sägezahnähnlichen Charakters der Ränder und gelegentlichem Überbrücken oder Zusammenhaften der beiden Ränder.

Das 3. Stadium wird als das d e r N o c h - n i c h t - v o l l s t ä n d i g e n - V e r e i n i g u n g bezeichnet mit Zurückbleiben einer feinen Linie, trotz Vereinigung.<sup>1)</sup> Das 4. Stadium ist das d e r k o m p l e t t e n V e r e i n i g u n g , in wenigen Fällen mit einer schwachen Epiphysennarbe.<sup>2)</sup> Die Kenntnis dieser vier Stadien, vor allem des Beginns und des Abschlusses der Vereinigung ermöglicht eine genaue Altersbestimmung anhand der Synostisierungsvorgänge.

---

<sup>1)</sup> Diese Linie, die in vielen Fällen in der Deutlichkeit variiert, kann in frisch mazerierten Skeletten sichtbar gemacht werden, da gewöhnlich eine schwache rötliche Farbe zu sehen ist. Die Linie muß ganz klar von der Epiphysennarbe unterschieden werden, die während dem 4. Stadium auftritt und wesentlich weniger häufig ist.

<sup>2)</sup> Am distalen Femur- und proximalen Tibiaende kann die relativ klare Linie der Capsularvereinigung mit der Epiphysenlinie leicht verwechselt werden.

b) Pathologische Entwicklung

HOFMANN, HABERDA (1927) wiesen darauf hin, daß ein vorzeitiger Epiphysenschluß durch abnorme Tätigkeit der innersekretorischen Drüsen, besonders Überfunktion der Keimdrüsen veranlaßt werde. Auch übermäßige Funktion der Nebennierenrinde oder mangelhafte Tätigkeit der Zirbeldrüse kämen in Betracht.

Nach KÖHLER/ZIMMER (1967) kommen Störungen des Epiphysenverschlusses als Folge von Geschlechtsdrüsenausfall vor, also bei früh kastrierten Eunuchen und bei Hypogenitalismus, ferner bei pluriglandulären Insuffizienzen, Erkrankungen der Hypophyse und Schilddrüse und bei einzelnen Formen des Zwergwuchses.

c) Sägespalt

Nach Durchsägen des Femurschaftes, kurz unterhalb des Kopfes, beziehungsweise anderer Vereinigungszentren (Sägespalt) können makroskopische Veränderungen innerhalb des Femur beobachtet und beschrieben werden.

HEISS (1922) untersuchte die Epiphysennarbe des menschlichen Skelettes und fand, daß sie in drei anatomischen Formen auftritt:

In einer k o m p a k t e n F o r m , bei der eine siebartige, durchlöchernte, aber feste Querlamelle an der Epiphysen- und Diaphysengrenze auftritt, in einer s p o n g i ö s e n F o r m , bei der die Grenze durch eine schmale Leiste äußerst feinmaschiger Spongiosasubstanz gegeben ist, und in einer Zwischenform, bei der die Grenze durch mehr oder minder auffallende Änderung der Spongiosastruktur betont werde.

HANSEN beschrieb den Sägespalt aufgrund von 230 Untersuchungen folgendermaßen:

### 1. Dekade

Der Femur zeigt entsprechend dem äußeren Befund auch innen einen klaffenden Epiphysenspalt. Dieser ist mit 18-19 Jahren völlig verknöchert und erscheint als schmale feste Leiste. Es kann auch mit 19 Jahren die Epiphysenlinie am Kopf und großen Trochanter noch als Spalt vorhanden sein, was mit 20 Jahren nie beobachtet wurde. Die Verknöcherung der Epiphysenlinien setzt frühestens mit 18 Jahren ein und ist im Gegensatz zum Humerus schon mit 20 Jahren beendet.

### 2. Dekade

Die Epiphysenlinien an Kopf und Trochanter sind verknöchert und fest geschlossen. Im Gegensatz zum Humerus findet sich kaum eine durchgehende Knochenleiste, sondern nur vereinzelt, meist zentral, ein kurzes Stück einer Leiste. Die Grenze zwischen der Diaphyse und den Epiphysen ist durch die Struktur gegeben, aber nicht immer ganz deutlich.

### 3. Dekade

Die Epiphysenlinie ist in keinem Fall als durchgehende Knochenleiste vorhanden. Es finden sich meist nur kurze Reste einer Knochenleiste oben lateral oder in der Mitte. Wo die Leiste deutlich ist, zeigt sich, daß sie der ehemaligen Epiphysenfuge nur im lateralen Teil folgt und dann quer bis an den Unterrand der Fovea zieht. Fehlt die Leiste, dann ist an dieser Seite medial eine deutliche strukturelle Grenze. Oberhalb zieht sich die radiäre oder streifige Struktur des Kopfes, unterhalb im medialen Kopfteil wird eine quere Struktur immer klarer.

#### 4. Dekade

Kopf und Hals sind durchweg deutlich zu trennen, entweder durch auffallende Strukturunterschiede oder durch eine gut erkennbare schmale knöcherne Leiste. Dieser knöcherne Epiphysenlinienrest ist niemals ganz durchgehend, sondern meist nur in der lateralen Hälfte deutlich. Die Leiste entspricht lateral der ehemaligen Epiphysengrenze, weicht aber nach medial von dieser ab und zieht fast waagerecht oder leicht bogenförmig durch den Kopf hindurch in Richtung auf den unteren Rand der Fovea.

#### 5. Dekade

Auf der Sägefläche ist eine knöcherne Epiphysenlinie als durchgehende, deutliche Leiste in keinem Fall vorhanden. Es finden sich entweder kleine, knöcherne Reste der Epiphysenlinie oder nur eine deutliche strukturelle Grenze.

#### 6. Dekade

Auf der Sägefläche sind keine durchgehenden Epiphysenlinien mehr vorhanden, auch nur selten Reste einer knöchernen Leiste.

### 4. Veränderungen am Knochenmark

#### a) Entwicklung der Markhöhle

HANSEN stellte eine Wanderung der Markhöhlenkuppe im Lauf des Lebens fest. Die Beobachtungen sind nachstehend zusammengefaßt; hierbei wurde die Entfernung der Markhöhlenkuppe vom Gipfel des Trochanter major in mm angegeben.

#### 1. Dekade (10-19 Jahre)

Für Männer liegt der Mittelwert bei 75 mm, wobei bei Schwankungen zwischen 70 und 85 möglich sind, während er bei Frauen 65 mm, mit möglichen Abweichungen zwischen 60 und 70, beträgt.

#### 2. Dekade (20-29 Jahre)

Der Mittelwert wurde für Männer mit 75,9 mm, der obere Werte mit 85, der untere mit 65 angegeben. Bei Frauen beträgt der Mittelwert 65 mm, die oberen und unteren Werte liegen bei 75 bzw. 60.

#### 3. Dekade (30-39 Jahre)

Die Wanderung der Markhöhlenkuppe wurde zum erstenmal deutlich bei männlichen Individuen mit einem Mittelwert von 73,1 mm, wobei Abweichungen zwischen 70 und 65 gemessen wurden. Bei den weiblichen Individuen drückte sich die Wanderung noch nicht in Zahlen aus, der Mittelwert liegt hier bei 67,1 mm, mit oberen und unteren Werten von 70 bzw. 65.

#### 4. Dekade (40-49 Jahre)

Der Mittelwert männlicher Individuen liegt bei 70,2 mm; Abweichungen wurden zwischen 80 und 65 gemessen. Bei den weiblichen Individuen beträgt der Mittelwert 65,5 mm mit einer Abweichung vom Durchschnitt zwischen 70 und 60.

#### 5. Dekade (50-59 Jahre)

Die Wanderung der Kuppe zeigte sich bei Männern mit einem Mittelwert von 67,7 mm und Schwankungen zwischen 75 und 60 deutlicher, während bei Frauen ein deutliches Absinken des Mittelwertes beobachtet wurde, 59 mm, bei oberen und unteren Werten von 70 bzw. 45.

#### 6. Dekade (60-69 Jahre)

Der Mittelwert wurde mit 63 mm, die oberen und unteren Werte mit 70 bzw. 60 angegeben. Bei Frauen wurden ein Mittelwert von 58 mm sowie einzelne Werte zwischen 65 und 50 gemessen.

#### 7. Dekade (über 70 Jahre)

Der Mittelwert erreichte bei Männern mit 59,6 mm, bei Frauen mit 54,4 seinen tiefsten Stand. Schwankungen liegen zwischen 65 und 55 bzw. 60 und 50.

Graphisch dargestellt ergaben sich zwei Kurven, wobei die männliche Kurve höher liegt und vom 30. Lebensjahr an eine konstante Abnahme zeigt, während eine Abnahme bei Frauen erst ab dem 50. Jahr zu beobachten ist.

In eine Beziehung zum Trochanter minor gesetzt, kann die Wanderung der Kuppe nach den Untersuchungen von HANSEN folgendermaßen beschrieben werden: Während der 1. Dekade ist die Kuppe der Markhöhle dicht unterhalb des Unterrandes des Trochanter minor zu finden. Sie wandert nach oben und kann während der 2. - 5. Dekade (20-60 Jahre) oberhalb oder am Unterrand des Trochanter minor beobachtet werden. In der 6. Dekade findet sich die Kuppe durchweg in Höhe der Mitte des Trochanter minor, in einzelnen Fällen nähert sie sich dem Oberrand. Bei Individuen über 70 Jahre steht die Kuppe meistens in Höhe der Mitte des Trochanter minor oder darüber.

PROKOP (1966) wies ebenfalls auf die Möglichkeit einer Altersbestimmung durch Untersuchung der Höhe der Markhöhlenkuppe am Femur hin und kam zu dem Ergebnis, daß sich die Markhöhlenkuppe während der Entwicklungszeit bis zum 20. Lebensjahr weit unterhalb des Unterrandes des Trochanter minor befinde. Die Kuppe wandere nach oben und stehe während der 2. Dekade (21-29 Jahre) knapp unterhalb des Unterrandes des Trochanter minor. Im Zeitabschnitt von 31-49 Jahren erreiche die Markhöhlenkuppe den Unterrand des Trochanter minor, vom 50.-60. Lebensjahr sei sie etwas oberhalb des Unterrandes des Trochanter minor zu finden.

#### b) Umwandlung des Markes

DÖHNERT (1934) untersuchte 288 Fälle, wobei er eine Aufteilung in 8 Gruppen vornahm:

V ö l l i g   r o t e s   M a r k   (6), bis zu 1/6 (6-5), bis 2/6 (5-4) und so fort F e t t m a r k , Fettmark mit nur wenigen roten Inseln (0-1) und reines Fettmark (0). Ein Unterschied Fettmark - Gallertmark wurde nicht gesondert berücksichtigt, da eine derartige Umwandlung selten, und für Untersuchungen über die Ausbreitung des roten Markanteils belanglos sei.

Werden die in dieser Weise unterteilten Fälle nach dem Alter geordnet, ergibt sich, zu Jahrzehnten zusammengefaßt und jedes Dezennium in Potenzen ausgedrückt, nachstehende Tabelle (Tabelle 10).

Tabelle 10: Umwandlung von rotem Mark in Fettmark  
(nach DÖHNERT)

| Alter in<br>Jahren | Fall-<br>zahl | Menge rotes Mark |     |     |     |     |      |     | 0  |
|--------------------|---------------|------------------|-----|-----|-----|-----|------|-----|----|
|                    |               | 6                | 6-5 | 5-4 | 4-3 | 3-2 | 2-1  | 1-0 |    |
| 20-30              | 25            | 0                | 4   | 24  | 20  | 32  | 12   | 8   | 0  |
| 30-40              | 17            | 0                | 12  | 13  | 24  | 29  | 6    | 0   | 6  |
| 40-50              | 33            | 3                | 3   | 15  | 34  | 15  | 6    | 24  | 6  |
| 50-60              | 71            | 1                | 4   | 11  | 17  | 20  | 24   | 17  | 6  |
| 60-70              | 61            | 0                | 5   | 7   | 13  | 23  | 16   | 33  | 3  |
| 70-80              | 57            | 0                | 0   | 3   | 20  | 12  | 20   | 36  | 9  |
| 80-95              | 24            | 0                | 0   | 4   | 12  | 4   | 25   | 42  | 13 |
| Gesamt:            | 288           | 37 %             |     |     |     |     | 63 % |     |    |

Zwischen 20 und 40 Jahren häufen sich die Fälle um die Mittellinie zwischen 5 und 2 mit auffallendem Unterschied zu den extremsten Fällen. Vom 40. bis ungefähr 70. Jahr lösen sich die medialen Anhäufungen nach beiden Seiten zu auf, wobei eine auffallende Verschiebung des Gleichgewichts zugunsten des Fettmarkes deutlich wird. Vom 70. Jahr an nehmen die Befunde mit mehr als der Hälfte des roten Marks stark ab, das Häufungsschwergewicht liegt im Bereich der größten Fettmarkanteile. Bis zu 40 Jahren ist völlige Umwandlung in Fettmark selten. Zwischen 40 und 60 Jahren ist zwar die Umwandlung in Fettmark etwas weiter fortgeschritten, aber die Ausdehnung des roten Areals am größten, denn das Mark breitet sich mit steigendem Alter aus. Vom 60. Jahr an schwindet diese Fähigkeit in immer stärkerem Maße mit Zunahme der Fettmarkanteile.

Aus der Tabelle ergibt sich, daß 37 % aller Fälle (23 % unter und 14 % über 30 Jahre) mehr als die Hälfte rotes Mark und 63 % (20 % unter und 43 % über 50 Jahre) mehr als die Hälfte Fettmark zeigten. Beim Mann ist eine Zunahme des Fettmarkes vom 4. und 5. Jahrzehnt an zu finden, während sie bei der Frau erst im 6. Jahrzehnt deutlich wird, einer Zeit, wo beim Mann nur noch in 1 % mehr als die Hälfte rotes Mark vorhanden ist.

DÖHNERT nahm auch zur Markneubildung und Markumwandlung Stellung und schrieb, daß sie von Krankheiten des Organismus, besonders der blutbildenden Organe abhängig sei.

#### C) Altersabhängige mikroskopische Strukturveränderungen

KERLEY (1965) wertete 126 Femurquerschnitte aus; er untersuchte das äußerste Drittel der Rinde, weil hier die Rinde am geringsten durch Resorptionerscheinungen beeinflußt war. Die Anzahl der Osteone, die Anzahl der Fragmente, der Prozentsatz der Lamellarknochen, die Zahl der Non-Haversiankanäle wurden in hundertfacher Vergrößerung in 4 anatomischen Gebieten im äußeren Drittel der Rinde untersucht (Durchmesser: 1,25 mm). Die Anzahl von erkennbaren Osteonen einschließlich der teilweise durch die Peripherie des Feldes verdeckten, aus allen 4 Gebieten, wurde zusammengezählt, um so eine Gesamtzahl zu erreichen. In der gleichen Weise wurde bei der Zählung von Fragmenten und primären Osteonen vorgegangen.

KERLEY fand, daß die Anzahl der Osteone, die Zahl der Fragmente alter Osteone, der Prozentsatz von Lamellarknochen und die Zahl der Non-Haversiankanäle Altersveränderungen unterworfen sind, wobei die Osteone und die Fragmente die größte Bedeutung für eine Altersdiagnostik haben.

KERLEY beschrieb die für eine Altersbestimmung bedeutsamen primären und sekundären Osteone, die Fragmente und den umgebenden Lamellarknochen.

Das Osteon ist im Querschnitt als ein Vascularkanal zu erkennen, umgeben von konzentrischen Lamellen und Osteozyten in ihren Hohlräumen. Um die ganze Peripherie des Osteons zieht sich eine umgebende Linie, die das Gebiet der gestoppten Osteoclasten-Resorption und Knochenneubildung markiert. Graben die Osteoclasten einen Kanal durch den Haversianknochen, können Fragmente des alten Osteons den Rand des Kanals umgeben und nach Beendigung der Resorption und Beginn der Knochenneubildung dort bleiben. Die Zahl der Fragmente nimmt mit dem Alter zu, da immer mehr alte Osteone ersetzt werden. Im Alter ist jedes Osteon von Fragmenten älterer Osteone umgeben. Der umgebende Lamellarknochen besteht aus Lamellen mit parallel rund um den äußeren Teil der Rinde verlaufenden Zwischenräumen. Im polarisierten Licht können die Lamellen aufgrund ihrer langen parallelen Fasern erkannt werden. Alle primären vaskulären Kanäle, einschließlich jener, die sich mit konzentrischen Lamellen gefüllt haben, um primäre Osteone oder Pseudo-Haversiansysteme zu bilden, sind Gefäßkanäle, die durch Einschluß von kleinen peripheren Blutgefäßen in den Knochen gebildet werden. Da diese Kanäle in dem Zeitraum des Aufbaues des umgebenden Lamellarknochens gebildet wurden, sind sie primär. Im Gegensatz zu den Sekundär-Osteonen stehen die primären Osteone oder Non-Haversiankanäle. Das Sekundär-Osteon wird in dem durch die Osteoclasten-Resorption bedingten Zwischenraum gebildet und stellt eine interne Erneuerung des Knochens dar. Das primäre Osteon kann von dem secun-

dären Osteon mit Hilfe des polarisierten Lichtes unterschieden werden, da die Lamellarknochen das primäre Osteon umgeben. Das primäre Osteon hat keine scharfe Begrenzungslinie und die umgebenden Lamellarknochen krümmen sich um die äußeren Grenzen. Beim sekundären Osteon laufen die umgebenden Lamellen direkt zu der umgebenden Begrenzungslinie und stoppen dort ab, wo sie von den Osteoclasten während der Resorptionsphase direkt "abgebissen" werden.

Der Lebenszyklus des Rindenknochens beginnt nach KERLEY mit der schnellen Bildung radialer Strukturen von grobkörnigem Knochengewebe mit großen Zwischenräumen. Diese Zwischenräume füllen sich mit weniger rasch wachsendem Lamellarknochen. Da sich Rinde und Markhöhle im Durchmesser ausdehnen, bildet sich ein besser entwickelter umgebender Lamellarknochen langsamer an der Peripherie und wird von der wachsenden peripheren Rinde eingekreist. Osteoclasten graben Längskanäle nach unten durch die dicker werdende Rinde. Die Kanäle erscheinen als gezackte Löcher im Querschnitt. Osteoclasten füllen diese Kanäle mit neuem Knochen in Form von konzentrischen Lamellen und bilden so primäre Osteone. Diese Osteone werden teilweise durch die nachfolgende Resorption zerstört; die unzerstörten Teile verbleiben als Fragmente, die das neue Osteon (sec. Osteon) umgeben.

Wie KERLEY in einer Zeichnung graphisch darstellte, nimmt die Zahl der Osteone mit steigendem Alter zu. Bei einem 20-jährigen sind Werte zwischen 35 und 70 möglich, sie schwanken bei einem 40-jährigen zwischen 80 und 120 und erreichen bei einem 80-jährigen mit 120 - 180 möglichen Osteonen die höchste Zahl. Ebenso steigt die Anzahl der Fragmente. Die Werte liegen bei einem 20-jährigen zwischen 5 und 35, bei einem 40-jährigen zwischen 20 und 60 und bei einem 80-jährigen zwischen 60 und 110. Der Anteil der umgebenden Lamellarknochen ist in der Kindheit groß und nimmt mit steigendem Alter ab. Bei einem Zehnjähri-

gen wurden Werte zwischen 30 und 90 gemessen, bei einem Fünfjährigen zwischen 38 und 0. Das gleiche gilt für die primären Osteone, sie verschwinden völlig um das 55. Lebensjahr.

Zur Altersbestimmung nach KERLEY werden die einzelnen Osteone bzw. Fragmente gezählt und ihre Anzahl verglichen. KERLEY gab zwei Formeln für die Altersbestimmung an, betonte aber, daß seine Werte nur für den gesunden Menschen gelten, da Krankheiten die Struktur verändern und irreguläre Werte bedingen.

$$Y(\text{Alter}) = 3,473 + 0,144 \cdot x + 0,003 x^2$$

x = Zahl der Osteone

Standard error 9,39

$$Y(\text{Alter}) = 8,786 + 0,834 x$$

x = Zahl der Fragmente

Standard error 12,19

ROCHE (1966) griff die Ergebnisse von KERLEY auf und stellte sie graphisch dar. Die Kurven der primären Osteone und der Lamellarknochen zeigen vom 10. bis zum 40. Lebensjahr eine parabelähnliche Abnahme, um ab dem 40. Lebensjahr konstant ihren geringsten Wert einzunehmen. Die Kurve der sekundären Osteone weist einen gekrümmten Anstieg auf, während die Zunahme der Fragmente linear verläuft.

AHLQUIST und DAMSTEN (1969) konnten KERLEY'S Ergebnisse nach Modifikation seiner Methode bestätigen. Die Modifikation bestand in der Verwendung einer quadratischen anstelle eines kreisförmigen Blickfeldes, sowie in einem Reduzieren der 4 Kriterien KERLEY'S (Zahl der Osteone, der Fragmente, Prozentsatz von Lamellarknochen, Zahl der Non-Haversiankanäle) auf 2. Der Zunahme der Osteone und Osteonfragmente wurde die Abnahme des Lamellarknochens und der Non-Haversiankanäle mit zunehmendem Alter gegenübergestellt.

#### IV. DISKUSSION

##### Bedeutung der anatomischen Einzelmerkmale am Femur für die Altersbestimmung

Aus Untersuchungen von TOLDT, KORNFELD, PITZEN, LANGE, ANDERSON, GREEN und GRADWOHL ergibt sich ein Längenwachstum des Femur während der Entwicklungszeit eines Individuums. Die Ergebnisse von ANDERSON und GREEN zeigen einerseits eine gewisse Tendenz zur Längenzunahme des Femur mit steigendem Alter, andererseits finden sich Abweichungen vom Durchschnitt, sowie ausgesprochene Extremwerte, die einer Altersbestimmung aufgrund der Femurlänge allein entgegenstehen. Die Schlußfolgerung, daß die Messung der Femurlänge für die Altersbestimmung von Individuen bis rund 24 Jahre nur mit Einschränkung angewandt werden kann, wird durch Untersuchungen von LANGE und PITZEN bestätigt.

Aus den Untersuchungen von LANGER, der die Veränderungen einzelner anatomischer Bestandteile des Femur und ihre Entwicklung im Laufe des Wachstums auswertete, ergibt sich ein konstantes Ansteigen der einzelnen Werte mit höherem Lebensalter. LANGER'S Ergebnisse reichen aber als Grundlage für eine zuverlässige Altersbestimmung nicht aus, zumal in der neueren Literatur keine weiteren derartigen Untersuchungen beschrieben sind. Der Wert seiner Arbeiten liegt darin, daß durch Auswertung vieler Merkmale wie des Kopfdurchmessers, der Schaftdicke und der Condylenbreite und durch Gegenüberstellen und Vergleichen der Einzelergebnisse die Irrtumsmöglichkeiten eingeeengt werden. Dadurch gewinnt die Altersbestimmung an Genauigkeit.

PALKAMAS Untersuchungen über einen Zusammenhang des Femurdurchmessers mit der Körpergröße und dem Alter sind von besonderer praktischer Bedeutung, weil sie an Femurfragmenten durchgeführt wurden. Die Ergebnisse sind von Wert, wenn nur Femurteile untersucht werden können.

TÖPPICH, der die Porosität des Femur untersuchte, fand Veränderungen im Laufe des Lebens, die von Alter, Geschlecht und Rasse abhängig sind. Die Zahl seiner Untersuchungen reicht nicht aus, um die Bedeutung der Porositätsbestimmung für eine Altersbestimmung zu beweisen. In der hier erfaßten Literatur wurde dieses Problem nicht weiter behandelt.

SMITH und WALKER, die bei Frauen im Alter zwischen 45 und 90 Jahren Bestimmungen der Rindendicke durchführten, hoben die Bedeutung der Osteoporose für die Altersbestimmung, infolge des Verlustes von Knochenmasse, der Reduktion von Rinde und Trabekulardicke und abnehmenden Femurdichte, hervor. SMITH und WALKER fanden ferner einen mit steigendem Lebensalter zunehmenden Periostaldurchmesser des Femur und eine gleichzeitige konstante Abnahme der Werte der Rindendicke. Die Bestimmung des Periostaldurchmessers stellt ein Hilfsmittel für die Altersbestimmung am Femur, speziell bei älteren weiblichen Individuen, dar. Diese Art der Altersbestimmung ist für männliche Individuen nicht so günstig, da bei diesen nach ARNOLD die Regressionslinie eine geringere Abnahme, nur 0,1 mm in 10 Jahren, zeigt.

Bei den durch ALKINSON, WEATHERELL, WEIDMANN mitgeteilten Werten der Dichte fällt neben einer gewissen Tendenz zur Abnahme im Laufe des Lebens die große Schwankungsbreite der einzelnen Ergebnisse auf. Auf der einen Seite ist eine Abnahme der Dichte während des ganzen Lebens zu beobachten, auf der anderen Seite setzt vom 50. Lebensjahr an vor allem bei weiblichen Individuen eine zunehmende Tendenz zur Rindenresorption ein, die eine Abnahme der Dichte zur Folge hat. Der Befund einer Dichte von rund  $1,6 \text{ g/cm}^3$  erlaubt das Alter eines Individuums auf mindestens 55 Jahre festzusetzen, vom 60. Lebensjahr an sind Werte um oder unter  $1,6 \text{ g/cm}^3$  zu erwarten. Es kann festgestellt werden, daß die Dichte für die Altersbestimmung vor allem bei Knochen älterer Menschen

bedeutsam ist, wenn auch wegen der individuellen Schwankungsbreite keine exakte Altersangabe möglich ist.

MORRIS, der sich auf Analysen von LYNCH und TOMPSETT stützte, beschrieb ein Anwachsen des Bleigehaltes im Femur im Laufe des Lebens, wie dies auch aus Untersuchungen von WEINIG und BÖRNER deutlich wird. Unterschiede in der Reihenfolge des Bleigehaltes der Asche von Wirbel-Rippe-Tibia und Femur, die in den Untersuchungen von WEINIG und BÖRNER im Gegensatz zu TOMPSETT'S Ergebnissen auftraten, ließen WEINIG und BÖRNER die Frage stellen, wie weit konsumierende Erkrankungen, die zum Teil vorlagen, einen Einfluß auf den Bleigehalt einzelner Knochen ausüben können. Auf diese Erkrankungen muß bei einer eventuellen Altersschätzung anhand des Bleigehaltes geachtet werden, da sie Ursache für erhebliche individuelle Schwankungen sein können.

Von mehreren Autoren (MARTIN, v.LANZ und WACHSMUTH, PITZEN, JOHANNSSON, RODGERS, DUNLAP) wurden Untersuchungen des Torsionswinkels beschrieben, die auf Veränderungen des Winkels im Laufe des Lebens schließen lassen. RODGERS und DUNLAP versuchten eine Gesetzmäßigkeit dieser Veränderungen zu finden; die große individuelle Schwankungsbreite des Winkels schließt aber eine Altersbestimmung durch Messung des Winkels aus. In der graphischen Darstellung eines Zusammenhanges zwischen Torsionswinkel und Alter bei normalen Femora, wie sie RODGERS veröffentlichte, ist eine gewisse Tendenz zur Abnahme des Torsionswin-

kels zu beobachten, die einzelnen Werte können aber so weit auseinanderliegen, daß ein Individuum in einem der Fälle nach den Meßwerten 2 oder 12 Jahre alt gewesen sein könnte.

Die Ergebnisse der Messungen des Collo-Diaphysenwinkels für die Geschlechts- und Altersbestimmung stimmen bei der überwiegenden Zahl der Autoren (VALENTIN und HROMADA, v. LANZ und WACHSMUTH) darin überein, daß sich der Collo-Diaphysenwinkel bis in das späte Greisenalter verkleinert, was durch die Belastung erklärt wird. VALENTIN führte als Beweis für diese Theorie einerseits das Ausbleiben der Abknickung bei frühzeitig Gelähmten, andererseits das Kleinerbleiben des Winkels bei bestimmten Krankheiten, wie Rachitis und Osteomalacie, an. Ungeklärt ist, ob die Verkleinerung des Winkels in bestimmten Zeiträumen abläuft, oder ob sie willkürlich und nicht vorher berechenbar vonstatten geht. Eine Altersbestimmung anhand des Collum-Diaphysenwinkels ist vorerst nicht möglich.

Die Frage, ob es sich bei einem Femur um einen männlichen oder weiblichen Knochen handelt, ist für eine Altersbestimmung von Bedeutung, da die Entwicklung vor allem des heranwachsenden weiblichen Individuums der Entwicklung des männlichen rund 2-3 Jahre voraus-eilt. Aber auch für die Altersbestimmung erwachsener und älterer Menschen ist die Kenntnis eines männlichen oder weiblichen Femur wichtig, sei es aufgrund des zeitlich-unterschiedlichen Knochenabbaus im alten Femur, der verschiedenen Abnahme der Dichte oder allgemeiner anatomischer Veränderungen (Rauhigkeiten,

Vakuolenbildung, wulstartige Randbildungen). Die Untersuchungen von DWIGHT und PEARSON sind insofern wertvoll, da das Endresultat durch Vergleichen von Einzelergebnissen verbessert und ein somit auf verschiedenen Meßwerten beruhendes Endergebnis erhalten werden kann. Bei Vergleich der von PEARSON graphisch als Kurven dargestellten Untersuchungsergebnissen fallen der steilere Anstieg, der höhere Kulminationspunkt und der steilere Abfall beim weiblichen Geschlecht gegenüber dem männlichen im Laufe des Lebens auf.

Die Bedeutung allgemeiner anatomischer Veränderungen am Femur für eine Altersbestimmung wurde von den Autoren des 18. und 19. Jahrhunderts erkannt, doch gingen sie immer nur auf einzelne Fälle ein, ohne die Veränderungen allgemein und zusammenfassend darzustellen. Das Verdienst von HANSEN liegt darin, daß er als erster seine Beobachtungen ordnete, sie dekadisch gliederte, und somit für eine Altersbestimmung verwertbar machte.

Die von VERAGUTH beschriebenen Veränderungen am Hüftkopf im Greisenalter zeigen eine Reihe von wichtigen Besonderheiten, die eine Altersbestimmung erleichtern; beispielsweise Umwandlung des Knochen- oder des Stützgewebes. Interessant ist die Veränderung des Knorpels, der in den funktionell wenig wichtigen Randgebieten des Kopfes atrophisch werden, in der Höhe der Druckaufnahme fläche jedoch gut erhalten bleiben kann. VERAGUTH spricht von einer Petrifikation des Knorpels durch

Kalkniederschläge sowie von "mäßig braun" oder "tief gefärbte Schichten", die von einer Ansammlung von Chondroitinschwefelsäure, von Kalk, Fett- und albuminoiden Partikeln um die Knorpelzellen herrühren; er geht aber nicht darauf ein, wie weit diese Ansammlungen gesetzmäßig sind oder ob sie individuell so stark schwanken können, daß sie für eine Altersbestimmung nicht verwendbar sind.

HRDLICKA fand altersspezifische Veränderungen an der Fossa hypotrochanterica, schrieb jedoch selbst, daß er zum Teil nicht über das notwendige Material verfügte, um die Entwicklung der Fossa bis in das kleinste zu erforschen. Er führte aus, daß im Alter ein starker Rückgang der Fossa hypotrochanterica eintrete, dafür aber ein stark ausgeprägter Rand für den Ansatz vom Musculus gluteus beobachtet werden kann. Diese Feststellungen reichen nicht aus, um die Form der Fossa für eine Altersbestimmung verwenden zu können.

Für die Veränderungen an der Eminentia und der Fossa of Allen, die von ODGERS beschrieben wurden, gilt das gleiche wie für die Fossa hypotrochanterica. Über die Form der Eminentia liegen bisher nur allgemeine Aussagen vor, sodaß Formveränderungen an der Fossa of Allen wegen der großen individuellen Schwankungsbreite nicht zu einer Altersbestimmung herangezogen werden können.

In einer von WACHSMUTH und v.LANZ schematisch dargestellten Röntgenaufnahme des Kopf- und Halsbereiches am Femur eines jugendlichen Erwachsenen und eines Greises fallen beim Jugendlichen eine starke Corticalis und eine ausgeprägte Bälkchenstruktur im Bereich des Calcar femorale auf, während beim Greis die Verdünnung der Corticalis und eine verwachsene Bälkchenstruktur deutlich werden. Der Calcar femorale bildet sich zurück und wird teilweise durch gelbes Knochenmark ersetzt. WACHSMUTH, v.LANZ, BRAUS-ELZE und HARTBY äußerten sich nicht über das Ausmaß einer Rückbildung in bestimmten Lebensabschnitten; Kenntnisse darüber würde eine Altersbestimmung mithilfe von Untersuchungen des Calcar femorale vielleicht zulassen.

Nach den Beschreibungen der Entwicklung des Tuberculum adductor durch MULLER können bis zum 24. Lebensjahr aus der Entwicklung Rückschlüsse auf das Alter gezogen werden, bis ein Sichtbarwerden des Tuberculum auf eine Mindest-Altersgrenze von 24 Jahren hinweist. Dem Untersuchungsbericht ist nicht zu entnehmen, ob das Tuberculum im Lauf des Lebens Veränderungen bzw. Umwandlungen unterworfen ist; Rückschlüsse auf das Alter am Femur älterer Personen sind nicht möglich.

Der Entwicklung von Knochenkernen während des Skelettwachstums wurde schon in der älteren Literatur große Bedeutung für die Altersbestimmung zuerkannt. Schon im 18. Jahrhundert beschrieb HILDEBRANDT (1798) den

um die Mitte des 9. Embryomonates erscheinenden und für die Bestimmung des Foetalalters forensisch wichtigen Knochenkern der distalen Epiphyse. Besonders hervorzuheben sind die Untersuchungen von KÖHLER und ZIMMER sowie von KROGMANN, die für die Beurteilung des Zeitpunktes der Knochenkernbildung wesentlich sind; sie berücksichtigen die individuellen Schwankungen und zeigen die Möglichkeiten und die Grenzen der Altersbestimmung mit Hilfe der Ossifikationskerne. Es läßt sich feststellen, daß die Knochenkerne nach Untersuchungen neuerer Autoren (KROGMANN, PROKOP) etwas früher erscheinen als in älteren Arbeiten angenommen wurde, eine Feststellung, die auch durch die Ergebnisse von KÖHLER/ZIMMER unterstrichen wird. Die Kenntnis der Möglichkeit eines verfrühten oder verzögerten Auftretens von Knochenpunkten ist für die Altersbestimmung bedeutsam.

Das Problem der Epiphysenvereinigung mit der Diaphyse wurde von PROKOP untersucht, der auch den Zeitunterschied des Verschmelzungsprozesses beim männlichen und weiblichen Geschlecht berücksichtigte. Aus der Arbeit von NARAJAN und BAJAJ, die 300 Jungen und 25 Mädchen in Indien untersuchten, geht hervor, daß die Epiphysenvereinigung im Innern Indiens zu einem späteren Zeitpunkt stattfindet. Die Möglichkeit großer Schwankungen je nach Population ist gegeben. Die Beobachtung von HOFMANN und HABERDA, daß durch pathologische Umstände ein vorzeitiger Epiphysenverschluß

eintreten kann, während nach KÖHLER und ZIMMER Krankheiten auch Störungen des Epiphysenverschlusses verursachen können, ist für die Altersbestimmung von Wichtigkeit. Die Kenntnis dieser Krankheitsbilder ist bei einer Altersbestimmung anhand der Verschmelzung der Epiphyse mit der Diaphyse von Bedeutung.

Nach den Untersuchungen von HANSEN über die Epiphysenlinie am durchsägten Femur erscheint wesentlich, daß in keiner Dekade eine durchgehende knöcherne Epiphysennarbe zu finden ist; es sind höchstens kleine knöcherne Reste zu erkennen. Die Grenze zwischen Epiphyse und Diaphyse ist durch die Struktur gegeben. Die am durchsägten Knochen zu beobachtenden Veränderungen sind nicht deutlich genug, um als einziges Kriterium für eine Altersbestimmung Anwendung finden zu können.

HANSEN und PROKOP stellten bei Untersuchung der Entwicklung der Markhöhle fest, daß die Entfernung der Markhöhlenkuppe in Beziehung zum Trochanter minor kleiner wird, die Kuppe im Laufe des Lebens also wandert. In der Arbeit von HANSEN fällt die ziemlich konstante Abnahme der durchschnittlichen Entfernung der Markhöhlenkuppe zum Trochanter minor bei Männern auf, während die Abnahme der Entfernung bei Frauen nicht so regelmäßig verläuft. Unabhängig von den individuellen Schwankungsmöglichkeiten ergibt sich aus der Stellung der Markhöhlenkuppe ein wichtiges Hilfsmittel um Rückschlüsse auf das Lebensalter des Individuums ziehen zu können.

Aus den Ausführungen von DÖHNERT über die Umwandlung von rotem Mark in Fettmark ergibt sich eine beim Mann vom 4. und 5. Lebensjahrzehnt an, bei der Frau vom 6. Jahrzehnt an beginnende Zunahme des Fettmarkes und eine Verschiebung des Gleichgewichtes zugunsten der Fettmarkanteile.

Untersuchungen der mikroskopischen Struktur zur Altersbestimmung am Femur haben den Vorteil, daß nicht der gesamte Knochen zur Verfügung stehen muß, sondern schon kleine Teile der Rinde ausreichen. Die Untersuchung von 4 Faktoren: Anzahl der Osteone, der Fragmente von alten Osteonen, der Non-Haversiankanäle und der Prozentsatz von Lamellarknochen nach der Methode von KERLEY bringt den Vorzug, daß aus 4 Einzelergebnissen ein präziseres Endergebnis erzielt wird als wenn nur ein Meßwert bestimmt wird. Ein weiterer Vorteil der mikroskopischen Untersuchung ist, daß sie auch in der durch keine besonderen Wachstumsveränderungen gekennzeichneten Lebensmitte durchgeführt werden kann. Der mikroskopischen Altersbestimmung kommt sicher eine zunehmende Bedeutung zu, sie wird im Zusammenhang mit anderen Untersuchungsmethoden gute Ergebnisse liefern können.

## V. SCHLUSSBETRACHTUNG

Bei Durchsicht der referierten Arbeiten ist der Eindruck zu gewinnen, daß Ergebnisse mit einem gewissen Aussagewert vorliegen, die aber durch neue Untersuchun-

gen noch überprüft und erweitert werden müssen. Trotz zahlreicher Untersuchungen wurde keine Methode gefunden, die eine zuverlässige Aussage garantiert. Jedes durch makroskopische oder mikroskopische Beurteilung gewonnene Ergebnis enthält als Fehlerquelle die individuelle Schwankungsbreite. Die einzelnen Ergebnisse dürfen vor allem nicht für sich allein beurteilt werden; bei einer Altersbestimmung müssen vielmehr verschiedene Faktoren berücksichtigt und gemeinsam ausgewertet werden, um ein auf verschiedene Einzelergebnisse gestütztes Endresultat zu erhalten.

Abschließend soll darauf eingegangen werden, welche der bisher entwickelten und in dieser Arbeit behandelten Verfahren durch weitere Untersuchung für die Altersbestimmung am Femur wahrscheinlich an Wert gewinnen können:

Da LANGER'S Untersuchungen einzelner anatomischer Bestandteile für eine exakte Altersbestimmung nicht ausreichen, müßten neue Ergebnisse Gesetzmäßigkeiten in der Entwicklung des Femur bestätigen und erhärten, um dieser Untersuchungsmethode eine größere Bedeutung zu verschaffen.

Bei PALKAMA'S für finnische Kinder im Alter zwischen 1 und 15 Jahren gültigen Untersuchungen des Femurdurchmessers kann nicht gesagt werden, ob seine Ergebnisse auch für mitteleuropäische Kinder zutreffen. PALKAMA'S Untersuchungen sollten auf mitteleuropäische und andere Kollektive ausgedehnt werden.

Nach den Untersuchungen von TÖPPICH zum Problem der Porosität erscheint es von Bedeutung, neue Untersuchungen anzustellen, wieweit die Veränderung einer Gesetzmäßigkeit unterliegt und wieweit sie damit zur Altersbestimmung herangezogen werden kann.

PEARSON'S Untersuchungen an männlichen und weiblichen Femora der englischen Bevölkerung zur Geschlechtsdifferenzierung müßten an anderen Populationen überprüft werden. Diese Methode kann zusammen mit allgemeinen anatomischen Unterschieden möglicherweise einen recht sicheren Schluß zulassen, ob es sich um einen männlichen oder weiblichen Knochen handelt.

HANSEN'S Untersuchungsbefunde über allgemeine Veränderungen am Femur könnten durch photographische Serienaufnahmen von Femora verschiedener Altersgruppen ergänzt und dem im Umgang mit Knochen nicht so Erfahrenen helfen, die anatomischen Veränderungen am Femur in die Altersbestimmung einzubeziehen.

Ob die von VERAGUTH beschriebene Ansammlung von Chondroitinschwefelsäure, von Kalk, Fett- und albuminoiden Partikeln im Hüftkopfknochen des Greises verlässliche Rückschlüsse auf das Alter des Knorpels und damit des jeweiligen Individuums zu ziehen erlaubt, müßten weitere Untersuchungen klären.

Da HRDLICKA nach seinen Angaben nicht über das notwendige Material verfügte, um die Entwicklung der Fossa hypotrochanterica genau zu erforschen, wäre es zweckmäßig, durch neue Beobachtungen die Entwicklung der Fossa und ihre Veränderungen im Hinblick auf eine mögliche Altersbestimmung zu überprüfen.

In der Arbeit von MULLER kommt nicht zur Sprache, ob das Tuberculum adductor Veränderungen nach dem 24. Lebensjahr unterworfen ist. Neue Untersuchungen müßten Aufschluß darüber geben, ob bestimmte Umwandlungsprozesse ablaufen und wie weit die Untersuchung des Tuberculum damit Verwendung für die Altersbestimmung älterer Individuen finden kann.

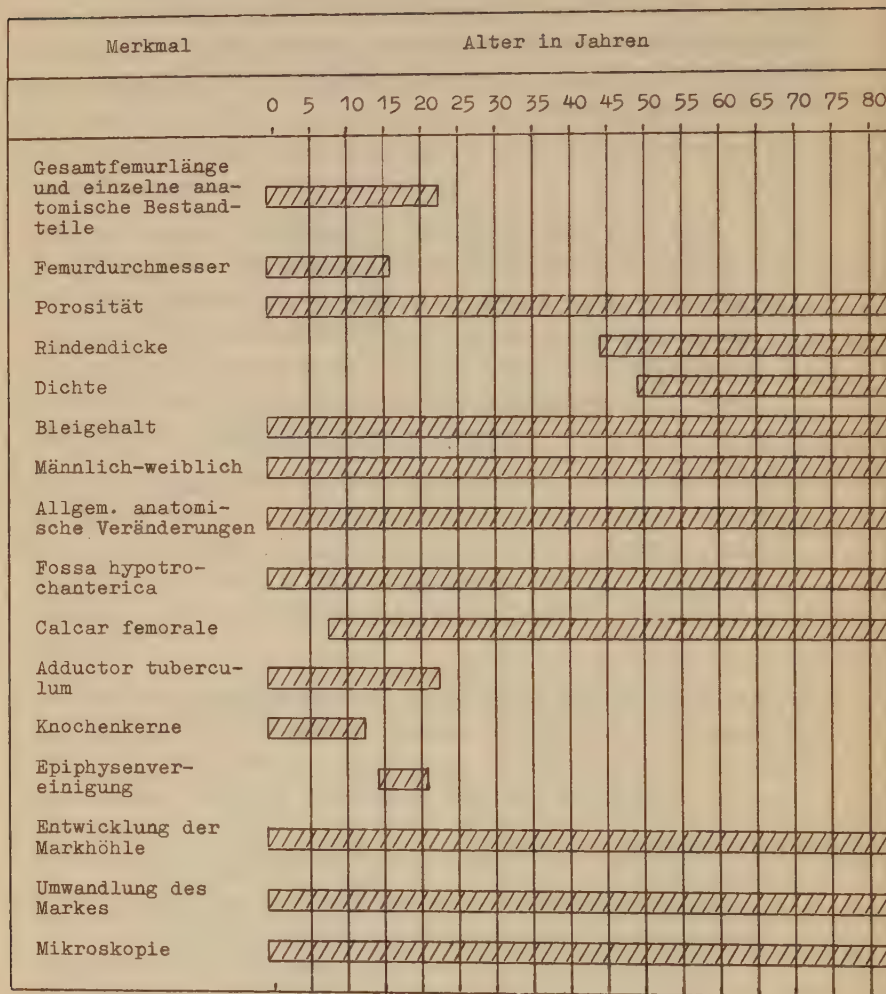
Aus der Arbeit von NARAJAN und BAJAJ über den Zeitpunkt des Verschmelzungsprozesses zwischen Epiphyse und Diaphyse ergibt sich eine in der erfaßten Literatur noch nicht beantwortete Frage, wie Statur, Klima, Nahrung und Vererbung den Zeitpunkt der Epiphysenvereinigung beeinflussen und welche Folgerung sich hieraus für die Altersbestimmung ergeben.

Die von DÖHNERT beschriebene Umwandlung von rotem Mark in Fettmark wurde in der bearbeiteten Literatur nicht weiter behandelt. Neuere Untersuchungen könnten eine Verfeinerung der Ergebnisse bringen und zu präziseren Aussagen über den zeitlichen Ablauf der Markumwandlung führen.

In KERLEY'S graphischen Darstellungen zum Problem der mikroskopischen Altersbestimmung drückt der Kurvenverlauf ein Anwachsen der Zahl der Osteone mit steigendem Lebensalter aus. Es wäre aber für den forensisch tätigen Arzt einfacher, wenn statt der graphischen Darstellungen Tabellen mit einer übersichtlichen numerischen Auswertung der Beziehung zwischen Lebensalter und der Anzahl von Osteone, Fragmenten, Non-Haversiankanälen und dem Prozentsatz von Lamellarknochen das Lebensalter des Individuums zur Verfügung ständen.

In einem schematischen Überblick der gesamten Einzelmerkmale soll abschließend deutlich gemacht werden, in welchem Zeitraum die Veränderungen ablaufen und in welcher Zeitspanne die jeweiligen Merkmale eine Altersbestimmung zulassen.

Beziehungen zwischen Lebensalter und Änderungen von Form- und  
Strukturmerkmalen



= Zeiträume, in denen Veränderungen stattfinden

## VI. ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit wird aufgrund eines Studiums der Literatur aus den Jahren 1786 - 1969 die Möglichkeit der Altersbestimmung durch Untersuchung des Femur behandelt. Die makroskopischen und mikroskopischen Befunde am Femur und ihre Altersabhängigkeit werden dargestellt. Zur Anwendbarkeit der Untersuchungsmethoden in der Praxis wird Stellung genommen. Es wird erörtert, welche speziellen Methoden nach Überprüfung an größeren Kollektiven für die Altersbestimmung am Femur Bedeutung gewinnen können.

VII. LITERATURVERZEICHNIS

AHLQUIST, J. and O. DAMSTEN:

A modification of KERLEY'S method for  
the microscopic determination of age  
in human bone.

J. Forensic. Sci. 14, 205 (1969)

ALKINSON, P. J., J. A. WEATHERELL and S. M. WEIDMANN:

Changes in density of the human femoral  
cortex with age.

J. Bone Joint Surg. 44 A, 496 (1962)

ANDERSON, M. and T. W. GREEN:

Length of the femur and the tibia.

Amer. J. Dis. Child 75, 279 (1948)

ARNOLD, J. S.:

Skeletal changes in aging and disease.

Clin. Orthop. Res. 49, 17 (1966)

BAGCHI, K. N.:

Lead in human tissues.

Indian Med. Res. 26, 935 (1939)

BLUMENBACH, J. F.: Geschichte und Beschreibung der Knochen  
des menschlichen Körpers.

Göttingen (1786), 1. Aufl.

BÖHM:

Weitere Untersuchungen über die Ent-  
wicklung des Hüftgelenkes und der Ent-  
stehung der angeborenen Hüftverrenkung.  
Z. Orthop. 60, 401 (1934)

- BRAUS-ELZE, H.: Anatomie des Menschen. 1. Band: Bewegungsapparat, Springer, Berlin-Göttingen-Heidelberg (1954) 3. Aufl.
- BÜHL, R.: Über Identitätsbestimmung an Knochen- und Skelettfunden.  
Med. Inaug. Diss. Leipzig (1942)
- DAVIS, A. and F. G. PARSON:  
The age order of the appearance and union of the normal epiphyses as seen by x-rays.  
J. Anat. 62, 58 (1927-1928)
- DÖHNERT, H. R.: Das rote Knochenmark im menschlichen Femur.  
Med. Inaug. Diss. Leipzig (1934)
- DUNLAP, V.: New method for determination of torsion.  
J. Bone Joint Surg. 35 A, 289 (1953)
- DWIGHT: zit. nach PEARSON
- FRIEDRICH, J. B.: Knochen in forensischer Beziehung.  
(Beilageheft Jahrgang 1853)  
Ger. Anthropol. 1 (1853)
- GRADWOHL, R. B. H.: Legal Medicine.  
1. Aufl., St. Louis (1954)

- HABERDA, A.: Nach 8 Jahren ausgegrabenes Skelett. Frage nach der Identität und Todesursache. Vierteljahresschr. ger. u. öffentl. Med. 6, 45 (1893)
- HANSEN, G.: Die Altersbestimmung am proximalen Humerus- und Femurende im Rahmen der Identifizierung menschlicher Skelettreste. Wissenschaftl. Z. d. Humboldt-Universität Berlin, Math.-naturwissenschaft. Reihe III 1, 1 (1953/54)
- HANSMANN, G. H. and M. C. PERRY:  
Lead absorption and intoxication in man unassociated with occupation or industrial hazards.  
Arch. Path. (Chicago) 30, 226 (1940)
- HARTBY, M.: The calcar femorale and the femoral neck. J. Bone Joint Surg. 39 A, 625 (1957)
- HEISS, H.: Untersuchungen über die Epiphysennarbe des menschlichen Skeletts.  
Arch. Entwicklungsmechanik 50, 375 (1922)
- HENDERSON, D. A. and J. A. INGLIS:  
The lead content of bone in chronique BRIGHT'S disease.  
Aust. Ann. Med. 6, 145 (1957)

- HILDEBRANDT, G. F.: Lehrbuch der Anatomie des Menschen.  
4 Bde., Braunschweig (1798), 1. Aufl.
- HIRSCH, H.: Über eine Beziehung zwischen dem Neigungswinkel des Schenkelhalses und dem Querschnitt des Schenkelbeinschaftes.  
Anat. Hefte 11, 671 (1899)
- HOFMANN, E.: Lehrbuch der gerichtlichen Medizin.  
Urban & Schwarzenberg, Wien-Leipzig (1884), 3. Aufl.
- HOFMANN, E. und A. HABERDA:  
Lehrbuch der gerichtlichen Medizin.  
Urban & Schwarzenberg, Berlin (1927)  
11. Aufl.
- HOLZER, F. J.: Lehrbuch der gerichtlichen Medizin.  
(A.PONSOLD) Thieme, Stuttgart (1967)  
278, 3. Aufl.
- HRDLICKA, A.: The hypotrochanterica fossa of the femur.  
Smithsonian Miscellaneous collection  
92, 1 (1934)
- HROMADA, J.: Die Collo-Diaphysen, Condyllo-Diaphysen  
und Torsionswinkel am menschlichen Femur.  
Anthrop. 18, 210 (1940)
- JOHANNSSON, S.: Roentgenological studies of the Anatomy  
of the proximal and of the femur.  
Acta Orthop. Scand. 5, 358 (1934)

- KANZLER, J.: Zur gerichtlich medizinischen Skeleto-  
Necropsie.  
Vierteljahresschr. ger. u. öffentl. Med.  
5, 206 (1894)
- KERLEY, E.: The microscopic Determination of Age  
in Human Bone.  
Amer. J. Phys. Anthrop. 23, 149 (1965)
- KÖHLER, A. und E. A. ZIMMER:  
Grenzen des Normalen und Anfänge des  
Pathologischen im Röntgenbild der Ske-  
lette.  
Thieme, Stuttgart (1967)
- KÖLLIKER: zit. nach VOURLOND
- KORNFELD, H.: Handbuch der gerichtlichen Medizin.  
Enke (1884)
- KRATTER, J.: Lehrbuch der gerichtlichen Medizin  
Enke (1912), 1. Aufl.
- KROGMANN, W. M.: The human Skeleton in Forensic Medicine.  
Springfield/III. (1962) 1. Aufl.
- LANGER, K.: Wachstum des menschlichen Skeletts mit  
Bezug auf den Riesen.  
Wiener Akademie d. Wissenschaften  
Math.-naturwissenschaftl. Kl. 31, 1 (1872)

- v.LANZ, T.: Anatomische und entwicklungsgeschichtliche Probleme am Hüftgelenk.  
Dtsch. orthop. Ges. 1949  
zit. nach RAVELLI
- v.LANZ, T. und W. WACHSMUTH:  
Praktische Anatomie.  
1. Bd.: Bau und Statik  
Springer, Berlin (1938)
- LEFEBRE et A. KOIFMANN:  
Etude de l'apparition des points osseux secondaires et détermination de l'âge osseux.  
Arch. Franc. Pediat. 10, 1102 (1956)
- LOCHTE, T. H.: Gerichtsärztliche und polizeiärztliche Technik.  
Bergmann, Wiesbaden (1914), 1. Aufl.
- LYNCH, G. R.: Determination of traces of lead in biological materials.  
Analyst 59 , 787 (1934)
- MARTIN, R.: Lehrbuch der Anthropologie.  
v. Fischer, Jena (1928) 2 Bde.
- MIKULICZ: Über individuelle Formdifferenzen am Femur und an der Tibia des Menschen.  
(Anat. Abt.) Arch. Anat. Physiol. 351 (1878)

- MORRIS, H. P.: Age and the lead content of certain human bones.  
J. Industr. Hyg. Toxic. 22, 100 (1940)
- MULLER, T.: The development of the adductor tubercle. South Africa J. Laborat. Clin. Med. 7, 147 (1961)
- NARAYAN, D. and BAJAJ:  
Ages of epiphyseal union in long bones of inferior extremity in U.P. subjects. Indian J. Med. Res. 45, 645 (1957)
- NEHER, R.: Untersuchungen über die Ossifikation des proximalen Femurendes.  
Sitzungsber. Physik.-med. Sozietät 61, 321 (1928)
- NISHIZUKA: Beiträge zur Osteologie der Foeten, Neugeborenen und Kinder, nebst Erwachsenen (Japanern).  
Z. Morph. Anthropol. 35, 1 (1926)
- ODGERS, P. N. B.: Two details about the neck of the femur  
1. The eminentia 2. The empreinte  
J. Anat. 65, 352 (1931)
- PAIKAMA, A.: Children's age and stature estimated from femur diameter.  
Ann. Med. Exp. Biol. Fenn. 44, 86 (1967)

- PEARSON, K.: A study of the long Bones of the English Skeleton.  
Cambridge University Press London 1919
- PITZEN, P. und F. LANGE:  
Zur Anatomie des oberen Femurendes.  
Z. Orthop. Chir. 41, 105 (1921)
- PREUSS, W.: Über die Altersbestimmung von Leichen.  
Med. Inaug. Diss. 1895
- PROKOP:  
Forensische Medizin.  
Volk und Gesundheit, Berlin (1966), 2. Aufl.
- RAVELLI, A.: Über die Neigung des Schenkelhalses.  
Z. Orthop. 83, 586 (1953)
- ROCHE, A. F.: Aging in the human Skeleton.  
Med. J. Aust. 2, 943 (1966)
- RODGERS, S. P.: Observation on torsion of the femur.  
J. Bone Joint Surg. 16, 284 (1934)
- SCHRÖDER, R.: Über das menschliche Skelett in gerichts-  
ärztlicher Beziehung.  
Arch. Krimin. Anthropol. 49, 270 (1912)
- SMITH, R. W. and R. R. WALKER:  
Femoral expansion in aging women:  
implication for osteoporosis and fractures.  
Sci. 145, 156 (1964)

- TOLDT, C.: Die Knochen in gerichtsärztlicher Beziehung.  
Maschkas Handbuch der gerichtlichen Medizin, 3. Bd., 1. Aufl.  
Laupp'sche Buchhandlung, Tübingen (1882)
- TOMPSETT, S. T.: Lead content of human tissues and excreta.  
J. Biochem. 29 (1935)
- TÖPPICH, G.: Die Porosität der Knochen der Neugeborenen mit Berücksichtigung des Verhaltens der Porosität bei Erwachsenen und Greisen.  
Arch. Anat. Physiol., Anat. T., 1. Heft, 24, 9 (1914)
- TROTTER, BROMANN, PETERSON:  
Densities of Bones of white and negro-Skeletons.  
J. Bone Joint Surg. 42 A, 50 (1960)
- VALENTIN, B.: Der Collo-Diaphysenwinkel.  
Arch. Orthop. Unfallchir. 20, 219 (1922)
- VERAGUTH, P. C.: La Tête Fémorale Du Vieillard.  
Rev. Chir. Orthop. 41, 39 (1955)
- VOURLOND, P.: Les os au point d'vue d' l'identité.  
Diss. Inaug. Med. Lausanne (1888)
- WEINIG, E. und B. BÖRNER:  
Über den normalen Bleigehalt im menschlichen Knochen.  
Arch. Toxik. 19, 34 (1961)

## LEBENS LAUF

Am 12. Oktober 1942 wurde ich als Sohn des Zahnarztes Dr. Hans Schech und seiner Ehefrau Ruth, geb. Weidmann, in Nürnberg geboren.

Nach einem vierjährigen Besuch der Volksschule in Herzogenaurach wechselte ich in das Humanistische Gymnasium in Erlangen über, wo ich im Jahre 1962 die Reifeprüfung ablegte. Anschließend leistete ich eine zweijährige Militärdienstzeit ab, in der ich zum Reserveoffizier ausgebildet wurde.

Im Wintersemester 1964/65 begann ich an der Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg mit dem Studium der Zahnmedizin, absolvierte im Sommer 1965 die naturwissenschaftliche und im Frühjahr 1967 die zahnärztliche Vorprüfung. Zur Zeit bereite ich mich auf das zahnmedizinische Staatsexamen vor.





## **Offsetdruck-Fotodruck**

---

**J. Hogl, 8520 Erlangen Hauptstr. 109, (Nähe Martin-Luther-Platz) Tel. 22990**

---